

Fachbereich Medien

Gorzel, Marco

3-D Visualisierung. Spielerei oder Zukunftsvision?

- Bachelorarbeit –

Hochschule Mittweida - University of Applied Science (FH)

Berlin - 2009

Fachbereich Medien

Gorzel, Marco

3-D Visualisierung. Spielerei oder Zukunftsvision?

- eingereicht als Bachelorarbeit –

Hochschule Mittweida - University of Applied Science (FH)

Erstprüfer

Zweitprüfer

Prof. Dr.-Ing. Robert J. Wierzbicki

Dr. Peter Boll

Berlin - 2009

„Gorzel, Marco:

3-D Visualisierung. Spielerei oder Zukunftsvision. - 2009 - 64 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Medien,
Bachelorarbeit“

„Referat

Die Bachelorarbeit beschäftigt sich im Wesentlichen mit Möglichkeiten der 3-D Visualisierung. Das Ziel dieser Arbeit ist es zu zeigen, dass die Visualisierung von 3-dimensionalen Bildern unser tägliches Leben immer mehr beeinflussen und Teil dessen wird.

Dies wird deutlich indem gezeigt wird, dass die Forschung im Allgemeinen sich nicht hauptsächlich der Visualisierung von Spielen, wie oft angenommen, sondern eher dem Thema Werbung, Produktion, Medizin, Lehre, Telekommunikation und dem Militär widmet.

Außerdem wird durch die Arbeit verdeutlicht, auf welchem Stand die aktuelle Technik im Bereich 3-D Visualisierung ist.“

Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	1
2. Einleitung	2
3. Grundlagen 3D	3
3.1. Modellieren	5
3.2. Beleuchtung	6
3.3. Texturierung	8
3.4. Kamera	10
3.5. Rendern	11
4. Geschichte der 3-D Visualisierung.....	14
5. Medium 3D.....	18
5.1. Stereoskopie	18
5.1.1. Historie.....	18
5.1.2. Sehen.....	20
5.1.3. Praxis	21
5.1.4. Anwendung	26
5.2. Virtual Reality	27
5.2.1. Grundlegendes	27
5.2.2. Schnittstellen	28
5.2.3. Optik.....	29
5.2.4. Interaktion	33
5.2.5. Die Wahrnehmung	36
5.2.6. Anwendung	37
5.3. Holografie	41
5.3.1. Quasi-holografische Displays.....	41
5.3.2. Holografische / Volumetrische Displays.....	43
5.3.3. Weitere holografische Techniken	52

6. Internet.....	53
7. Schluss.....	56
8 Literaturverzeichnis	58
9. Erklärung zur selbstständigen Anfertigung.	64

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Ansicht im 3-D Programm.....	5
Abbildung 2: Beleuchtung.....	7
Abbildung 3: Gerendertes Bild.....	8
Abbildung 4: Die Unterschiede zwischen lokaler und globaler Beleuchtung	12
Abbildung 5: Das Kaiser-Panorama	20
Abbildung 6: Der Polarisationsfilter	23
Abbildung 7: The cave	30
Abbildung 8: A Wall.....	31
Abbildung 10: A Holostage	32
Abbildung 11: Panoscope	33
Abbildung 13: Exoskelett	34
Abbildung 14: Omni Directional Treadmill	35
Abbildung 15: Quasi-holografisches Prinzip	42
Abbildung 16: Der Holovizio 128WLD.....	43
Abbildung 17: Aufbau eines Multi-level Displays.....	46
Abbildung 18: Depth Cube.....	47
Abbildung 19: Aufbau eines Doppel-Helix Displays	48
Abbildung 20: 3-D-Laser Display Felix.....	49
Abbildung 21: Aufbau eines Raster-scan Display	50
Abbildung 22: Perspecta-Display.....	52

1. Vorwort

Meine Fragestellung beschäftigt sich mit einem sehr neuen und gerade aktuellen Thema. Aus diesem Grund war es sehr schwer, relevante Literatur zu finden. Ich habe bei meiner Recherche feststellen müssen, dass sich nicht sehr viele Wissenschaftler mit diesem Thema beschäftigt haben. Entweder war die Literatur viel zu alt, sehr technisch ausgelegt, oder hatte einen eher futuristischen gesellschaftskritischen Beigeschmack, der in eine Sciencefiction-Richtung ging. Von solchen Meinungen wollte ich mich distanzieren und habe versucht, meine Untersuchung sehr objektiv zu gestalten.

Des Weiteren möchte ich meiner Freundin Janni sehr für ihre moralische und seelische Unterstützung danken.

2. Einleitung

Im Allgemeinen wird 3-D mit Computerspielen in Verbindung gebracht. Teilweise wird noch der Bezug zu 3-D Filmen, wie zum Beispiel Ice Age, hergestellt. Dass sich hinter der Visualisierung von 3-D noch viel mehr verbirgt und es sogar als neues Medium fungieren kann, wissen nur die Wenigsten. Untersucht wird, ob dieses allgemeine Wissen über 3-D der Wahrheit entspricht oder ob noch mehr dahinter steckt und eventuell sogar ein Teil unseres Lebens beziehungsweise dieses beeinflussen wird.

Ich möchte mit meiner Arbeit ein Grundverständnis von der Erstellung 3-dimensionaler Bilder vermitteln. Ich gehe dabei auf die einzelnen Arbeitsschritte ein und gebe einen kleinen technischen Überblick über diese. Im weiteren Verlauf wird ein Einblick über die geschichtliche Entwicklung von 3-D im Allgemeinen geschaffen. Mit der nun gewonnenen Erkenntnis gehe ich auf das Medium 3-D ein. Es wird gezeigt, welche 3-D Displays und Applikationen bisher entwickelt wurden. Hierbei wird zwischen drei Kategorien unterschieden: Stereoskopie, Virtual Reality und Holografie. Die einzelnen Systeme sind relativ unterschiedlich und werden auch dementsprechend unterschiedlich genutzt. Welche Einsatzgebiete es gibt und welche Schwierigkeiten sich bei manchen Systemen ergeben wird in dieser Arbeit deutlich gemacht.

Am Ende der Arbeit widme ich mich noch einem speziellen Thema zu. Ich untersuche die Verbreitung von 3-dimensionalen Bildern und Applikationen im Internet. Ich gehe auf die aktuelle Entwicklung ein und gebe Beispiele für die schon vorhandene Präsenz. Des Weiteren möchte ich aufzeigen, welche Perspektiven die Entwicklung der 3-D Visualisierung bietet.

3. Grundlagen 3D

Unsere Optische Wahrnehmung beschränkt sich auf drei räumliche Dimensionen. Das Gehirn ermöglicht uns ein stereoskopisches Sehen, in dem es zwei 2-Dimensionale, leicht versetzte Bilder, die auf unserer Netzhaut ankommen, zusammenfügt. Zusätzlich kann es minimale Veränderungen in Schattierungen, Texturen und Bewegungen wahrnehmen. Zusammen bewirkt diese Fähigkeit räumliches Sehen und macht die Erstellung von realistischen 3-D Grafiken so ungeheuer schwer.

3-D Grafiken und Animationen sind nicht nur dafür da, reale Objekte für die Unterhaltungsindustrie, wie die Film- und Computerindustrie, nach zu bauen, sondern werden auch dafür genutzt, surreale Welten zu erschaffen oder um die medizinische Forschung und Diagnostik zu unterstützen, sowie Schulungen und Visualisierungen zu verbessern.

Wichtig ist die Erkenntnis, dass alle produzierten Bilder aus einem 3-D Grafikprogramm immer 2-Dimensional sind. Dabei spielt es keine Rolle, auf welchem Medium sie gezeigt werden. Ob nun im Kino, auf dem Computer oder in Virtual Reality Systemen. Stereoskopische Bildschirme, wie sie auch bei Virtual Reality oder den bekannten 3-D Kinos angewendet werden, täuschen den 3-D Effekt vor, sind aber weit davon entfernt, wirklich 3-D zu sein. Das einzige System, das „echtes“ 3-D visualisieren kann, sind holografische Displays.¹

Vorteile von computergenerierten Objekten sind, dass sie in jeglicher erdenklicher Form und Kombination erstellt, jedoch - im Unterschied zur Malerei - immer wieder in verschiedenen Perspektiven, Lichteinwirkungen und Positionierungen im Raum visualisiert werden können.²

Generell wird der 3-dimensionale Raum in der entsprechenden Computersoftware ähnlich definiert wie in der wirklichen Welt. Man benutzt das kartesische Koordinatensystem, um die Position x, y, und z festzulegen. Diese Richtungen liegen senkrecht auf einander. Dort wo sie sich schneiden

¹ vgl. Campbell / Danaher 2002, S.32 ff.

² vgl. Flückiger 2008, S.51

ist das Zentrum des 3-D Raumes, man spricht hier vom Nullpunkt oder Ursprung.³

Im 3-D Programm selber arbeitet man hauptsächlich mit Polygonen, NURBS, oder Subdivision Surfaces. Ein Polygon besteht aus mindestens drei Punkten, die durch Linien verbunden sind und somit eine Fläche bilden. Eine Gruppe von Polygonen nennt man Mesh. Durch das Verbinden von mehreren Polygonen entsteht ein Drahtgittermodell, welches zum Symbol von computergenerierten Grafiken geworden ist.

NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) basieren auf Kurven. Der Vorteil von NURBS ist, dass sie weniger Punkte brauchen, um eine Runde Oberfläche zu produzieren, als es bei Polygonen der Fall ist. Daher werden NURBS Modelle gerne für organische Modelle genutzt.⁴

Subdivision Surfaces sind eine Mischform aus beiden Modellen. Sie vereinen die Vorteile der einzelnen Systeme. Sie beinhalten die Glätte von NURBS und die Flexibilität und einfache Handhabung von Polygonmodellen.

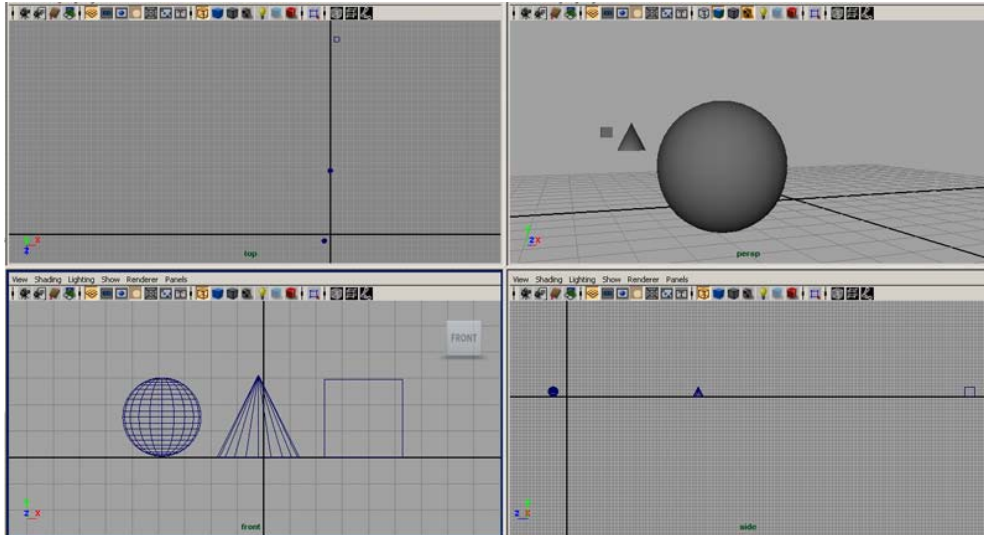
Man bewegt sich innerhalb des 3-D Programms mit Hilfe einer virtuellen Kamera, die entweder eine perspektivische oder orthogonale Ansicht annimmt. Bei der perspektivischen Ansicht kann man diese verschieben, wodurch der Parallaxe-Effekt zustande kommt, durch den klar wird, wo ein Objekt sich befindet. Im orthogonalen System kann man keine Entfernungen wahrnehmen, da - egal wie weit einzelne Objekte von einander entfernt sind -, sie ihre eigentliche Größe unabhängig von ihrer Position behalten.⁵ (s. Abbildung 1)

³ vgl. Campbell / Danaher 2002, S.36

⁴ vgl. Flückiger 2008, S.56 ff.

⁵ vgl. Campbell / Danaher 2002, S.36 ff

Abbildung 1: Ansicht im 3-D Programm



Quelle: eigene Abbildung

Die verschiedenen Ansichten innerhalb eines 3-D Programmes.

Um nun eine 3-D Grafik oder Animation zu erhalten, spielen mehrere Faktoren eine Rolle. Das Modellieren, Texturieren, Beleuchten und die Kameraeinstellungen, sowie das abschließende Rendern, bilden im Wesentlichen das Ergebnis. Ich werde im Folgenden einen kurzen Einblick in die einzelnen Themen geben.

3.1. Modellieren

In allen gängigen 3-D Programmen gibt es vorgefertigte Grundformen (Primitives). Zur Verfügung stehen meistens Würfel, Zylinder, Kugeln, Tori, Pyramiden und Kegel. Diese können aber auch in vereinzelt Programmen durch mehr Primitive erweitert sein. Um zum gewünschten Modell zu kommen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Man kann zum Beispiel aus der einfachen Kombination der Grundformen viele alltägliche Objekte bauen. *„Ein Tisch lässt sich aus fünf Zylindern zusammensetzen – vier Zylinder werden so skaliert, dass sie lang und schmal sind (Beine), ein*

Zylinder ist kurz und breit (Tischplatte)“⁶. Für komplexere und detailgenauere Objekte stehen einem mehrere Werkzeuge zur Verfügung und man hat die Möglichkeit, durch Transformation oder durch Eingabe von Koordinaten einzelne Punkte, Geraden oder Polygone zu verschieben. Typische Werkzeuge sind zum Beispiel das „Extrudieren“ von Polygonen, wobei einzelne Polygone herausgezogen werden, das Teilen von Polygonen mit einem „Messer“ oder eine verteilte Deformation durch einen „Magnet“.⁷

3.2. Beleuchtung

Für computergenerierte Bilder gilt das Gleiche wie für analog erstellte Bilder– ohne Licht kein Bild. Es gibt viele Gemeinsamkeiten der beiden Beleuchtungstechniken, aber auch gravierende Unterschiede, die teils positiv und teils negativ zu bewerten sind. Die Gemeinsamkeit ist, dass man sich beim jeweiligen Verfahren immer auf seine Erfahrung verlassen muss. Der Kameramann muss sich auf das Filmmaterial verlassen, sowie die Beleuchtungsparameter einbeziehen, um sich das fertige Bild vorzustellen. Beim Technical Director läuft das ähnlich ab, denn auch er sieht nicht, wie das fertige Bild aussehen wird. Im Viewport vom 3-D Programm erkennt man nur schemenhaft, was eine Lichtquelle für Auswirkungen auf das fertige Bild hat. Es ist also nicht möglich, instinktiv heranzugehen, sondern baut auf den Erfahrungswert auf. Das Ergebnis sieht man erst nach dem fertigen Renderprozess, der unter Umständen sehr lange dauern kann. (s. Abbildung 2 u. 3) Viele 3-D Artisten beschwerten sich aus diesem Grund. *„Software-Entwickler haben sich nie mit Kameraleuten aus der Praxis zusammengesetzt, um zu erfahren, wie diese arbeiten, und ein Programm zu schreiben, das deren Beleuchtungsverfahren aufgreift.“*⁸ Die eindeutigen Vorteile von computergenerierten Lichtern sind beispielsweise, dass sie weder heiß werden noch Strom brauchen. Es muss auch kein Stativ aufgebaut werden, um sie irgendwo zu platzieren. Die Lichter in der

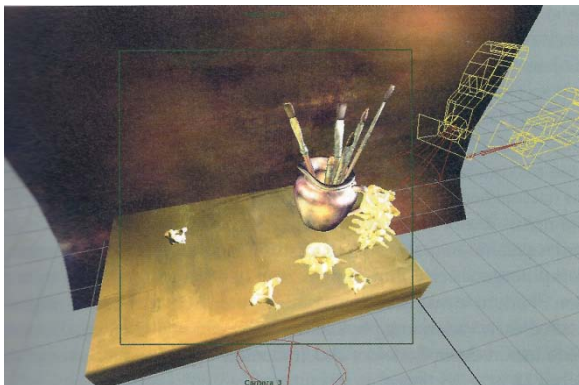
⁶ Campbell / Danaher 2002, S.44

⁷ vgl. Flückiger 2008, S. 58

⁸ Flückiger 2008, S. 154

Software können einfach irgendwo freischwebend platziert werden. Wenn man es nicht ausdrücklich wünsch beziehungsweise einstellt, kann man die Lichter auch nicht sehen. Sie dienen lediglich zur Beleuchtung einer Szene. Es ist auch möglich, den Lichtern negative Werte zu geben, wodurch sie lichtabsorbierend werden. Außerdem kann man vor die Lichter Objekte stellen, die so animiert werden können, dass sie zu einem Zeitpunkt Licht durchlassen und später das Licht blockieren. Schattenwurf von einzelnen Objekten können ein- oder auch ausgeschaltet werden und man kann die Ausrichtung der Lichter an animierte Objekte binden, wodurch sie diesen folgen und ihnen immer Licht geben. Manche 3-D Programme bieten auch die Option, eine Sonne in die Szene zu integrieren, die entsprechend des angegebenen Zeitpunktes und Standorts das richtige Tageslicht simuliert.⁹

Abbildung 2: Beleuchtung

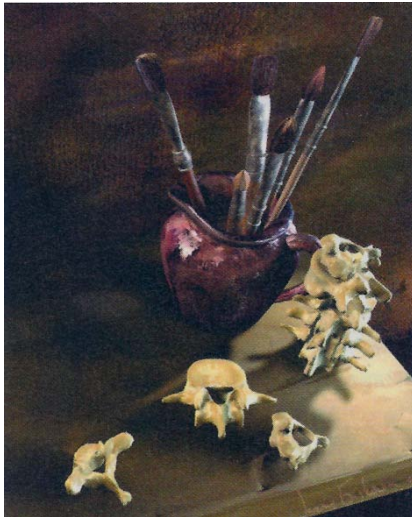


Quelle: Flückiger 2008, S.155

Die Darstellung einer Szene in einem 3-D Programm. Licht und Kamera sind als Symbole zu erkennen. Die Auswirkung der Beleuchtung ist nur schemenhaft zu erahnen.

⁹ vgl. Flückiger 2008, S. 154 ff.

Abbildung 3: Gerendertes Bild



Quelle: Flückiger 2008, S.155

Das fertig gerenderte Bild aus der Szene von Abbildung 2.

3.3. Texturierung

Wie wir die verschiedenen Materialien, Farben und Strukturen von Objekten in der realen Welt wahrnehmen, kommt durch ein komplexes Zusammenspiel von Licht und dessen Interaktion mit den Oberflächeneigenschaften und Formen zustande. Die Herausforderung an die 3-D Software ist es, alle oder viele dieser physikalischen Parameter zu simulieren. Dies geschieht anhand von physikalischen Modellen und expliziten Verknüpfungsregeln. In der Computeranimation sind vor allem robuste Beschreibungsmodelle von Nöten, da diese verschiedenste situative Umgebungen - wie beispielsweise die Lichtverhältnisse oder die räumliche Anordnung - aufgreifen und somit relativ realitätsnah dargestellt werden können. Eine der wichtigsten Bedingungen hierbei ist die Unabhängigkeit der Konsistenz vom Betrachtungswinkel und von den Lichtbedingungen. Um dies zu bewerkstelligen, müssen die Beschreibungsmodelle aus stabilen Kontrollparametern bestehen. Quantenmechanische Modelle können hierbei nicht verwendet werden, da dies die begrenzte Kapazität des

Datenmanagements nicht zulässt. Außerdem können die Materialeigenschaften selbst nicht in unendlicher Genauigkeit bestimmt werden.

Lange Zeit hatte die Computergrafik Probleme, die Materialeigenschaften in einem harmonischen Bild darzustellen. Immer wieder sahen die bearbeiteten Modelle wie Plastik aus. Die Gründe hierfür waren eindeutig. So waren die Glanzlichter weiß, die Oberflächen weitgehend glatt und glänzend und die Kanten stark verpixelt. Doch durch immer qualitativ hochwertigere Innovationen, wie das Berechnen von Reflexionen sowie Lichtberechnungen, konnten bald sogar Metalle und auch Glas dargestellt werden. Weitaus schwieriger ist es, Materialien zu erstellen, deren Eigenschaften von polymorphen Volumina beschrieben werden - wie beispielsweise Feuer und Wolken. Dies gilt ebenso für Materialien, die aus unterschiedlichen Objekten bestehen - wie Haare, Felle oder Federn sowie Materialien wie Textilien oder Wasser, deren Darstellung durch die ständige Bewegung erschwert wird.

Nachdem nun die Objekte modelliert wurden, liegen diese jedoch noch in roher Form da. Deshalb müssen ihnen jetzt mit Hilfe von „Texture Mapping“ Oberflächeneigenschaften gegeben werden. Unter einer „Texture Map“ versteht man die Darstellung von lokalen Oberflächeneigenschaften, welche durch die Projektion zweidimensionaler Bilder auf ein dreidimensionales Objekt geschieht. Hierbei muss zuerst einmal die Farbgebung erfolgen. Da es in der Natur jedoch nicht nur einfarbige Dinge gibt, besteht die Schwierigkeit darin, eine große Anzahl von verschiedensten Mustern zu entwickeln. Deshalb werden die charakteristischen Farbverteilungen entweder durch Fotografien oder Zeichnungen erstellt. Der Vorteil einer Fotografie liegt in der präzisen und komplexen Aufnahme der Vorlage. Wichtig ist hierbei jedoch, dass die Fotografien sehr hochauflösend, also meist im Makrobereich, aufgenommen werden müssen, damit sie alle notwendigen Details aufweisen. Des Weiteren sollten neutrale Lichtverhältnisse vorhanden sein, sodass weder Schatten noch Glanzlichter oder Farbstriche auf dem Foto zu sehen sind. Im nächsten Schritt werden die Fotos in einem Programm so bearbeitet, dass größere Flächen entstehen, welche aus verschiedensten

Perspektiven bestehen. Angewendet wird „Texture Mapping“ mit Fotografien, wenn ein realistisches Objekt abgebildet werden soll.

Es gibt jedoch nicht nur zweidimensionales „Texture Mapping“, sondern auch dreidimensionales. Hierbei werden Texturen beschrieben, deren Anordnung durch den Körper hindurch aufgezeigt ist. Nimmt man beispielsweise einen Block aus Holz und schneidet aus diesem ein Objekt, so erhält man eine dreidimensionale Textur, da eine räumliche Anordnung vorliegt.

„Zweidimensionale Texture Maps hingegen müssen auf die Objekte projiziert werden“¹⁰ Packt man beispielsweise Geschenke ein, so ist dies bei klaren Formen einfach, jedoch bei komplexen Formen bedeutend schwieriger, da hierbei Verzerrungen auftreten können. Deshalb legt man meistens exakte Referenzpunkte fest, welche die Form der „Texture Map“ festlegen.¹¹

3.4. Kamera

Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Einstellung der Kamera. Man kann generell zwischen extrinsischen und intrinsischen Parametern unterscheiden. Unter extrinsischen Parametern ist die Positionierung und Ausrichtung der Kamera zu verstehen, während die intrinsischen Parameter die Einstellung des Objektivs - wie beispielsweise Verzerrungen, die Schärfentiefe oder auch die Bewegungsschärfe (motion blur) - beinhalten.

Betrachtet man die „Kamera“ der Computergrafik, so stellt man schnell fest, dass sie im Gegensatz zu einer echten Kamera ein abstraktes Konstrukt darstellt. Generell besteht sie aus einer Blendenöffnung (aperture) und einer Brennweite (focal length), welche letztendlich den Öffnungswinkel bestimmt. Die Parameter innerhalb der CG-Kamera agieren in modularer Weise unabhängig miteinander. Dies führt dazu, dass Einstellungen wie Schärfentiefe, Verzerrungen (lens distortion) oder auch Farbveränderungen

¹⁰ Flückiger 2008, S.81

¹¹ vgl. Flückiger, 2008, S.80 ff.

(chromatic aberration) entweder durch so genannte Kamera-Shader festgelegt oder im Postprocessing nachträglich berechnet werden müssen. Des Weiteren kann mit Hilfe der CG-Kamera zwischen der vorderen und der hinteren Begrenzungsebene (clipping planes) unterschieden werden. Es ist also möglich, einen dieser Bereiche während des Renderns komplett zu ignorieren. Ein Beispiel hierfür sind Computerspiele, in denen Gegenstände oder Personen plötzlich auftauchen und wieder verschwinden.

Sind schlussendlich alle Parameter gesetzt, muss im Trial- and- Error-Verfahren die gewünschte Ästhetik definiert werden. Hierbei werden einzelne Bilder probeweise gerendert, um bei eventuellen Fehlern Änderungen durchzuführen.¹²

3.5. Rendern

Das Rendern stellt den letzten Schritt innerhalb des Prozesses dar. Hierbei werden alle Informationen der Objekt- und Szenengeometrie, des Shadens sowie der Beleuchtung gesammelt und von bestimmten Kameraparametern aufgegriffen. Anschließend werden mit Hilfe eines Render-Algorithmus die Farbwerte der einzelnen Pixel errechnet, aus welchen sich das Bild ergibt.¹³

„Die meisten Renderer können auch Bilder mit deutlichen Konturen im Stil der zweidimensionalen Zeichenanimation oder physikalisch weitgehend korrekte Simulationen von Lichtsituationen für die Anwendung in der architektonischen Planung erzeugen“¹⁴

Generell lassen sich bezüglich der Render-Verfahren zwei Kategorien unterscheiden. Zum einen die lokalen und zum anderen die globalen Beleuchtungsmodelle. Die Beleuchtungsmodelle bestimmen die Intensität bzw. die Farbe eines Punktes auf einer Oberfläche des jeweiligen Objektes. (s. Abbildung 4)

¹² vgl. Flückiger 2008, S.169 ff.

¹³ vgl. Flückiger 2008, S.167

¹⁴ Flückiger 2008, S. 171

Abbildung 4: Die Unterschiede zwischen lokaler und globaler Beleuchtung



Quelle: Flückiger 2008, S. 179

Das Obere Bild zeigt eine Szene die mit lokaler Beleuchtung gerendert wurde. Das Untere wurde mit globaler Beleuchtung gerendert.

Bei der lokalen Beleuchtung wird ausschließlich der direkte Lichteinfall zur Berechnung der Intensität bzw. Farbe eines Punktes auf der Objektoberfläche betrachtet. Meistens kommen auch noch Aspekte wie Schatten oder Reflexionen hinzu, obwohl diese eigentlich schon der globalen Beleuchtung zugeordnet werden. Ein Beispiel für das lokale Beleuchtungsmodell ist das Lambert-Beleuchtungsmodell.

Bei der globalen Beleuchtung wird nicht nur der direkte Lichteinfall, sondern auch das indirekt einfallende Licht bei der Berechnung der Intensität bzw. der Farbe eines Objektpunktes berücksichtigt. Indirektes Licht wird meist durch Reflexionen oder Lichtbrechungen hervorgebracht. Dabei können Farbremissionen, welche als farbige Reflexionen sichtbar zu sehen sind, oder auch Kaustiken entstehen. Letztere sind beispielsweise Lichtmuster, wie sie am Boden eines Swimmingpools vorzufinden sind. Der Vorteil des globalen Beleuchtungsmodells ist die realitätsnahe und komplexe Nachbildung der Umwelt. Dies zeigt sich besonders in Innenräumen, in denen verschiedenste Lichtquellen aufeinander treffen und durch begrenzte Wände, Fenster oder andere Objekte reflektiert, gebeugt oder gebrochen werden.¹⁵

¹⁵ vgl. Flückiger 2008, S.167 ff

4. Geschichte der 3-D Visualisierung

Angefangen hat die Geschichte der 3-D Visualisierung mit dem ersten CAD (Computer Aided Design) Drahtgitter Zeichnungssystem, welches 1969 von der Firma E & S veröffentlicht wurde. Das erste Objekt, das vollständig in einem Computer erzeugt und später als Kunstobjekt nachgebaut wurde und in Vegreville (Kanada) steht, ist das große Osterei „The Easter Egg Capitol of the World“. Erstellt wurde dieses Kunstobjekt von Ronald Resch.¹⁶

Der nächste Schritt, um 3-D Computergrafiken realistischer aussehen zu lassen und letztendlich für Filme und Computerspiele zugänglich zu machen, wurde von Frank Crow herausgebracht, der 1973 das Anti-Aliasing Verfahren zur Kantenglättung erfand.¹⁷

Nun war der Grundstein zur 3-D Visualisierung gelegt und wurde mit dem ersten voll computeranimierten Film „Hunger“ von Peter Foldes erweitert. Dieser Film entstand 1974 und wurde mit Hilfe einer Software, die von Marcelli Wein und Nestor Burtnyk 1971 entwickelt wurde, erstellt.¹⁸ *„Diese Software begründete die computergestützte Keyframe-Animation, kann aber auch als Vorläufer der späteren Morphings gelten“*¹⁹. Es dauerte nicht lange und es kam der erste Film in die Kinos, in dem 3-D Technik verwendet wurde.

1976 sah man eine Drahtgitter Hand in dem Film „Future World“. Außerdem wurde in Future World mit einem Verfahren, das der Zeit weit voraus war das Gesicht von Peter Fonda in 3D nachgebaut.²⁰

Einer der bedeutendsten Filme in der Geschichte der Special Effekte ist „Starwars“. Die Filmemacher nutzten 1977 für diesen Film 3D, um den Todesstern zu simulieren.²¹

¹⁶ vgl. Hoppe 2004, S. 7

¹⁷ vgl. Hoppe 2004, S. 7

¹⁸ vgl. Flückiger 2008, S. 54

¹⁹ Flückinger 2008, S. 54

²⁰ vgl. Flückiger 2008, S. 115

²¹ vgl. Hoppe 2004, S. 8

Am Anfang der 80er Jahre wurde das „Raytracing“ von den Bell Labs und der Cornell University erfunden. Unter Raytracing versteht man die realitätsnahe Darstellung von räumlichen Objekten, da diesen Eigenschaften wie Farbe, Glattheit der Oberfläche, Reflexion, Spiegelung oder Transparenzen zugeordnet wird. Des Weiteren werden hierbei Lichtquellen bestimmt, die das räumliche Objekt zusätzlich ausleuchten und realitätsnah darstellen.²² Dieser Algorithmus ist entscheidend für die Darstellung von 3D Objekten in Computerspielen und wird heute noch von vielen Renderern benutzt, um realistische Bilder zu erzeugen.²³

So kam es, dass in demselben Jahr das Spiel „Rescue on Fractalus“ von Lucasfilm Games Group und Atari entwickelt wurde - eines der ersten 3-D Computerspiele. 1982 gab es erstmals eine vollständig computergenerierte Sequenz in dem Kinofilm „Star Trek II: Die Rache des Kahn“. Im selben Jahr kam „Tron“ in die Kinos. In diesem Film wurden ein Teil der Szenerien sowie einige Charaktere computergeneriert. „Cube Quest“, eines der frühen 3D Videospiele, war das erste, was auf eine Laserdisc gebrannt wurde.²⁴

Der erste komplett computergenerierte Charakter, ein Ritter, der aus Glasscherben bestand, tauchte 1985 in dem Film „Young Sherlock Holmes“ auf und gilt als erster fotorealistischer Visual Effekt.²⁵

1986 brachte Eric Graham die AMIGA Demo „The Juggler“ auf den Markt. Es konnten also erstmals 3-D-Systeme wie „Raytracing“ an Heimcomputern genutzt werden und somit waren realistischere Computerbilder möglich.²⁶

Im gleichen Jahr wurde PIXAR von den Ex-Lucasfilm-Pionieren Edwin Catmull, Ljohn Lasseter, Ralph Guggenheim sowie Bill Reeves zusammen mit Steve Jobs gegründet. „Luxo Jr.“ war der erste computergrafische

²² vgl. Haenselmann 1996, S. 12

²³ vgl. Flückiger 2008, S. 182 f

²⁴ vgl. Hoppe 2004, S. 8

²⁵ vgl. Flückiger 2008, S. 117

²⁶ vgl. Hoppe 2004, S. 9

Kurzfilm von PIXAR, der sogar für die Kategorie „Bester animierter Kurzfilm“ für einen Oscar nominiert wurde.²⁷

Im Jahr 1988 kam schließlich „Willow“, der erste Kinofilm mit digitalem Morphing, heraus. Darunter versteht man digitales Verformen von beispielsweise Gesichtern.²⁸ Im selben Jahr gewann PIXAR seinen ersten Oscar in der Kategorie „Bester animierter Kurzfilm“. „Tin Toy“ ist der erste computergrafische Kurzfilm, der bis dato einen Oscar gewonnen hat.²⁹

Ein Jahr später kam „Indiana Jones und der letzte Kreuzzug“ in die Kinos. Das Besondere an diesem Film ist, dass erstmals das Compositing eines Kinofilms vollkommen digital ist. Des Weiteren erscheint der Film „Abyss“, welcher erstmalig realistische flüssige Simulationen beinhaltet.³⁰

In den 90ern sorgte „Terminator 2“ für Furore. So bestand die im Film enthaltene Figur T-1000 Cyborg aus flüssigem Metall, was für die damalige Zeit einen großen technischen Fortschritt darstellte. Um eine realistische Integration und Interaktion des CG Charakters zu gewährleisten, wurde das komplette Set mit dem Zollstock vermessen, um es später im Computer nachzubauen.³¹

Im Jahr 1992 gelang den Machern von „Death becomes her“ erstmals ein photorealistischer Austausch von Haut und Körpern. Und nur ein Jahr später konnte man im Film „Jurassic Park“ photorealistische 3D Dinosaurier sehen.

³²

Im Jahr 1994 wurde dann im Film „Forrest Gump“ tatsächlich altes Filmmaterial mit neuen Filmszenen vermischt. Dies galt zur dieser Zeit als absolute Neuheit.³³

²⁷ vgl. Flückiger 2008, S. 117

²⁸ vgl. Flückiger 2008, S. 118

²⁹ vgl. Hoppe 2004, S. 10

³⁰ vgl. Hoppe 2004, S. 10

³¹ vgl. Flückiger 2008, S. 118

³² vgl. Hoppe 2004, S. 10

³³ vgl. Flückiger 2008, S. 264

1995 punktete PIXAR erneut mit dem erfolgreichen Film „Toy Story“, der komplett am Computer erstellt wurde. John Lasseter gewann für diesen Film den „Special Achievement Academy Award“. ³⁴

Die stetige Verbesserung der 3D-Technik ermöglichte im selben Jahr den Filmmachern von „Judge Dredd“, die Stuntleute durch 3D Modelle zu ersetzen. Dies führte dazu, dass immer kompliziertere und gefährlichere Stunts in den Filmen zu sehen waren, da diese nicht mehr von realen Menschen durchgeführt werden mussten, sondern am Computer kreiert wurden. ³⁵

Ein weiteres Erlebnis in der Filmindustrie waren die 400 Rekord-Kameraeinstellungen mit dem digitalen Charakter „Casper“, sowie die große Entwicklung von Haarsimulationen der Löwen im Film „Jumanji“. ³⁶

1997 überraschte der erfolgreiche Film „Titanic“ mit einem großen Einsatz von Motion Capture für Crowd-Simulationen. Dies hatte den Vorteil, dass reale Bewegungsabläufe detailgetreu auf einen CG-Character übertragen werden konnten. ³⁷

Im Jahr 1998 zeigte der Film „Antz“ eine neue Software zur Facial Animation, weitere Crowd-Simulationen wie auch Wassereffekte. ³⁸

In den folgenden Jahren wurde die 3-D Animationen und Simulationen immer realer und die Entwicklung wuchs exponential. Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, alle Errungenschaften, die danach kamen, aufzulisten.

³⁴ vgl. Hoppe 2004, S. 10

³⁵ vgl. Flückiger 2008, S. 429

³⁶ vgl. Hoppe 2004, S. 11

³⁷ vgl. Flückiger 2008, S. 150

³⁸ vgl. Hoppe 2004, S. 11

5. Medium 3D

5.1. Stereoskopie

5.1.1. Historie

Stereoskopie setzt sich aus den zwei Wörtern „stereo“ und „skopeo“ zusammen, welche, aus dem Griechischen ins Deutsche übersetzt, „körperlich“ und „betrachten“ bedeuten. Das heißt, dass das Stereoskop es ermöglicht, „räumlich“ zu sehen.

Bereits 300 Jahre v. Chr. erkannte Euklid, der in Alexandria Mathematik lehrte, und ca. 100 Jahre später auch Galenos, dass erst das Zusammenwirken der beiden Netzhautbilder räumliches Sehen ermöglichte.

1832 beschäftigte sich der englische Physiker Sir Charles Wheatstone genauer mit dieser Thematik. Hierfür entwickelte er ein Betrachtungsgerät, an welchem auf einer Holzplatte sowohl rechts als auch links die verschiedenen Bilder befestigt wurden. Anschließend montierte Wheatstone in der Mitte des Betrachtungsgeräts im rechten Winkel zwei Spiegel. Diese musste man sich nah an das Auge halten, so dass man mit dem linken Auge das linke Bild und mit dem rechten Auge das rechte Bild sehen konnte. Die Schwierigkeit bestand jedoch darin, dass die Bilder versetzt gemalt werden mussten, da die minimalen Unterschiede der beiden Bilder exakt erfasst werden mussten. Die Aufgabe des Gehirns war es letztendlich, die beiden Bilder zu vereinigen, so dass ein komplettes Bild entstand. Um die Erstellung der versetzt gemalten Bilder zu vereinfachen, hatte Wheatstone die Idee hierfür, die kurz zuvor erfundene Kunst der „Fotografie“ einzusetzen. Es wurden also zwei verschiedenen Aufnahmen gemacht, die genau den benötigten Augenabstand hatten. So entstanden im Jahr 1841 die ersten stereoskopischen Aufnahmen.³⁹

1849 interessierte sich der Engländer Sir David Brewster ebenso für die neue Technik und entwickelte ein noch handlicheres und kompakteres Gerät in Form eines Holzkastens. Als dieser dann 1851 in London auf der Weltausstellung vorgestellt wurde, entstand ein regelrechter Stereoboom.

³⁹ Vgl. Kohler 2004, o.S.

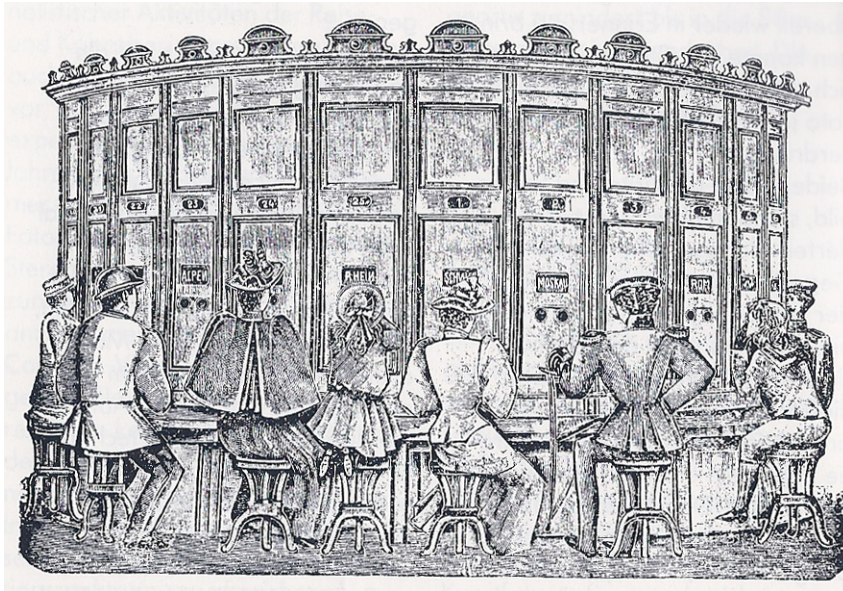
Bis 1853 gab es zwei Möglichkeiten für Stereoaufnahmen. Entweder benutzte man eine Kamera, die seitlich verschoben wurde oder aber zwei einzelne Kameras nebeneinander.

Doch dann entstand im Jahr 1853 eine Kamera mit zwei Objektiven der Liverpool Photographic Society und nur ein Jahr später erhielt Achille Quinet das Patent dafür. Die erste Stereokamera war endlich auf dem Markt. Diese wurde in den folgenden Jahren immer mehr verbessert und war in der damaligen Zeit, in der es noch kein Film und Fernsehen gab, von großer Beliebtheit. Da nur reiche Bürger reisen konnten, waren die Stereobilder eine Chance für die ärmere Bevölkerung, sich ein „realistisches“ Bild von der „unbekannten“ Welt zu verschaffen. Um die Jahrhundertwende war es üblich, dass fast jeder Haushalt über einen Stereobetrachter verfügte.

Eine weitere Entwicklung waren so genannte Tischbetrachter, in die mehrere Dias eingebaut wurden und man durch das Drehen an einem Riegel gleich unterschiedliche Aufnahmen anschauen konnte. So entwickelte August Fuhrmann Rundlaufsichtgeräte, die von bis zu 25 Personen genutzt werden konnten und Stereoserien enthielten (s. Abbildung 5). Er beauftragte verschiedene Fotografen, in der Welt herumzureisen und neue Stereoserien zu entwerfen. Um die Bilderserien möglichst realistisch aussehen zu lassen, colorierte Fuhrmann die schwarz-weiß Originale mit der Hand. Das so genannte „Kaiser-Panorama“ war bis zum Beginn des ersten Weltkrieges ein voller Erfolg, wurde dann aber langsam von dem neuen Medium Film abgelöst.⁴⁰

⁴⁰ vgl. Kohler 2004, o.S.

Abbildung 5: Das Kaiser-Panorama



Quelle: Kemner / Albertz / Waack et al. 1989, S.26

Das Kaiser-Panorama ermöglichte 25 Personen den gleichzeitigen Einblick auf 50 rundlaufende, handkolorierte Stereo-Dias im 9 x 18 Format

5.1.2 Sehen

Um räumlich sehen zu können benötigt man zwei gesunde Augen, die das Bild mit Hilfe der Linse, der Iris und des Glaskörpers erzeugen und eine Netzhaut zur Speicherung der Bilder. Mit Hilfe der Sehnerven werden die gespeicherten Informationen zum Gehirn geleitet und anschließend so verarbeitet, dass ein Raumeindruck entsteht. Die beiden Augen liefern zwar unterschiedliche Bildinformationen, die Augachsen besitzen jedoch die Fähigkeit zu konvergieren und sich in einem Punkt zu treffen. Des Weiteren akkomodieren sie sich an die Entfernung und stellen somit das Bild scharf. Um also einen Raumeindruck herzustellen, müssen zwei scharf eingestellte, parallel versetzte unterschiedliche Einzelbilder bestehen.

Ein ähnliches Verfahren findet auch im fotografischen Aufnahmeapparat statt. In dem Fall erzeugt das Objektiv, die Blende und der Verschluss das

Bild, während die lichtempfindliche Filmschicht das Bild speichert. Auch hier lassen sich Einzelbilder künstlich erzeugen. Man fotografiert hierbei zweimal aus verschiedenen Perspektiven im Abstand von 63 mm, welches dem mittleren Augenabstand eines Menschen entspricht und als Stereo-Basis bezeichnet wird. Werden nun die gemachten Bilder wieder dem jeweiligen Auge zugeführt, können die beiden Einzelbilder sich verbinden und somit zu einem Gesamtbild werden. Entscheidend ist dabei, dass die Bilder sowohl eine gute Allgemeinschärfe sowie eine Schärfentiefe besitzen, da ansonsten keine Fusion der Einzelbilder erfolgen kann.⁴¹

5.1.3 Praxis

Wenn man 3-D-Bilder betrachtet, muss beachtet werden, dass jedes Auge nur das jeweils zugehörige Bild sehen kann. Daher können viele Bildformate nur mit optischen Hilfsmitteln betrachtet werden.

Ein in den 50er Jahren sehr beliebt gewesenes 3-D-System ist das so genannte „View-Master-System“, welches das Sehen dreidimensionaler Märchenserien, Dokumentationen oder auch Reiseberichte im Kleinformat ermöglicht. Die Besonderheit liegt darin, dass jeweils 6-7 Stereobildpaare mit einer Halbbildgröße von 10,5 x 11,7 mm in eine ca. 10 cm lange Kartonscheibe eingebaut werden. Da der im Gerät enthaltene Schaltmechanismus die Scheibe immer weiter dreht, können die Bilder hintereinander angeschaut werden.

Aber auch bei der Betrachtung von Plakaten oder ganzseitigen Abbildungen in Zeitschriften müssen physikalische Effekte für die Bildtrennung genutzt werden.⁴² Hierfür eignet sich beispielsweise das bekannte Anaglyphen-Verfahren, welches vom Naturwissenschaftler Wilhelm Rollmann im Jahr 1853 entwickelt wurde. Es werden Komplementärfarben, die sich im Oswaldschen Farbenkreis gegenüber liegen, projiziert und gedruckt. Dies ist meistens die Farbe Grün für die linke Seite und die Farbe Rot für die rechte Seite. Wird anschließend eine Brille aufgesetzt, bei der

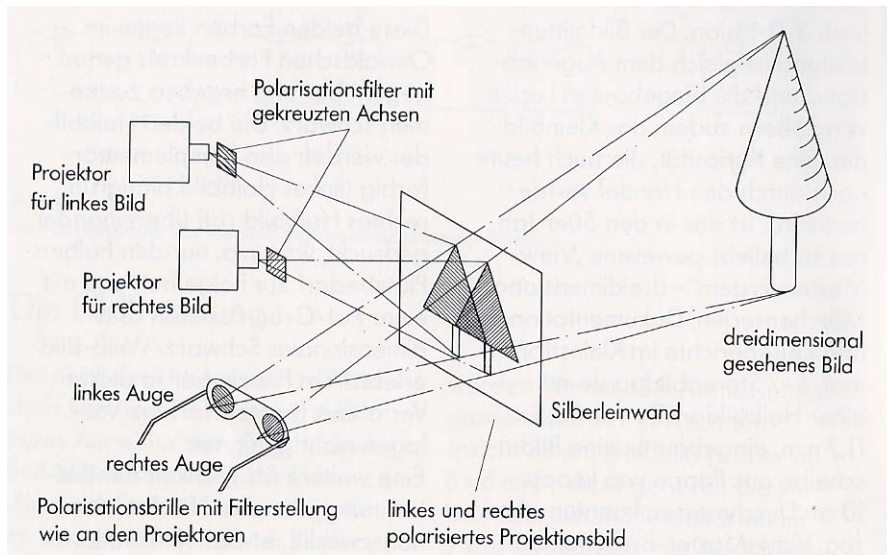
⁴¹ vgl. Kemner / Albertz / Waack et al. 1989, S.9 ff.

⁴² vgl. Kemner / Albertz / Waack et al. 1989, S.13

das linke Brillenglas rot und das rechte grün gefärbt ist , so kann mit dem rechten Auge nur das rechte – also rote - Bild erkannt werden, da das linke Bild, das grün ist, durch das grüne rechte Brillenglas absorbiert wird. Praktisch ist hierbei, dass für dieses Verfahren nur eine rot-grüne Brille notwendig ist. Der Nachteil ist aber, dass dieses Verfahren nicht für mehrfarbige Vorlagen geeignet ist. Da jedoch die meisten Vorlagen in Schwarz-Weiß aufgenommen wurden, stellte dies kein Problem dar.

Eine andere Weise der Bildtrennung stellt das Polarisations-Verfahren dar (Abbildung 6). Das 1891 von Anderson entwickelte Verfahren trennt die Bilder auf optischen Weg durch Polarisationsfilter. Die Lichtteilchen, die sonst in alle Richtungen herum schwingen und sich rechtwinklig zum Lichtstrahl befinden, werden durch den Polarisationsfilter gestoppt, so dass nur noch Lichtteilchen in eine Richtung schwingen können. Wird nun noch ein zweiter Polarisationsfilter im 90° -Winkel angebracht, kommen selbst die letzten Lichtteilchen nicht mehr durch. Diese Funktion wird eingesetzt, damit beispielsweise bei Projektionen jedes Auge nur eines der beiden Teilbilder sehen kann.

Abbildung 6: Der Polarisationsfilter



Quelle: Kemner / Albertz / Waack et al. 1989, S. 14

3-D Diavorführung mittel zwei Projektoren und vorgesetzten Polarisationsfiltern.

Das Verfahren wird mittlerweile auch für den Film eingesetzt, indem man während des Filmes eine so genannte Polarisationsbrille aufsetzt. So hat der Filmproduzent Fritz Boehner im Dezember 1937 den ersten plastischen Film „Zum Greifen nah“ im Ufapalast Berlin vorgeführt. Und auch heute noch sind IMAX-3-D-Kinos von großer Beliebtheit und verblüffen die Zuschauer immer wieder.⁴³

Dieser Meinung ist auch DreamWorks-Animation-Geschäftsführer Jeffrey Katzenberg, indem er optimistisch in die Zukunft sieht: „Ich denke, dass in vier Jahren fast jeder Film in 3D ins Kino kommt.“ Momentan ist der 3D-Boom jedoch noch nicht wirklich in Deutschland angekommen. Es gibt erst 22 Kinos, die digital kodierte stereoskopische Filme zeigen können. Aber

⁴³ vgl. Kohler 2004, o.S.

auch hier ist Katzenberg der Ansicht, dass sich 3-D einfach erst entwickeln muss. Den Anfang dieser Entwicklung macht hierbei Amerika. Dort gibt es schon 1400 3-D-Kinos. Und die Anzahl wird durch die steigende Zahl an 3-D-Filmen enorm wachsen. Die DreamWork-Filme sollen jetzt schon in beiden Versionen erscheinen. In stereoskopischer wie auch in konventioneller 2-D-Fassung.⁴⁴

Ein Verfahren, das kein Hilfsmittel benötigt, ist das Linsenraster-Verfahren. Die Bildtrennung erfolgt hierbei direkt beim betrachteten Bild. *„Den streifenförmig verschachtelten Halbbildern sind optische Hilfsmittel vorgelagert“*⁴⁵ Das Linsenraster bewirkt also die Bildtrennung, welche maßgeblich ist, um einen stereoskopischen Eindruck zu erhalten.⁴⁶

Angewendet wird das Verfahren in der Praxis bei dem „autostereoskopischen“ LCD-Display von Hyundai. Dieser 3-D-Bildschirm hat den Vorteil, ohne zusätzliche Hardware zu funktionieren. Da bis dato die genaue Technik dieses Gerätes noch nicht bekannt ist, wird davon ausgegangen, dass die Funktionsweise ähnlich wie bei autostereoskopischen Computerdisplays ist. Es werden also Bilder, die nicht immer im Bildwinkel zu sehen sind, wie bereits weiter oben beschrieben, mit Hilfe von Linsenrastern zu den Augen gelenkt. Der Nachteil dieser Technik liegt in der geringen Bewegungsfreiheit, da nicht all zu viele Punkte vor dem Gerät sichtbar sind, die den 3-D-Effekt besitzen.⁴⁷

Einen Plasma-Fernseher mit 3-D-Brille bietet dagegen Samsung an. Bei dieser Technik wird für jedes Auge ein eigenes Bild generiert und zwischen den Bildern hin und her geschaltet. Dies geschieht alles in einer Geschwindigkeit von 60 Bildern pro Sekunde. Die 3-D-Brille bewirkt also eine abwechselnde Abdunklung der Augen. Es wird also so schnell zwischen der Brille und dem Fernseher umgeschaltet, dass im Gehirn ein dreidimensionales Bild entstehen kann. Der Nachteil dieses Systems ist das

⁴⁴ vgl. Jkj. 2008, o.S.

⁴⁵ Kemner / Albertz / Waack et al. 1989, S.15

⁴⁶ vgl. Kemner / Albertz / Waack et al. 1989, S.15

⁴⁷ vgl. Gross. 2008, o.S.

dauerhafte Tragen einer Brille. Diese ist erstens sperrig und zweitens mit einem Preis von 1000 Euro relativ teuer und daher nicht für jeden nutzbar.⁴⁸

Des Weiteren wird die 3-D-Technologie für Computerspiele genutzt. Spatial View, weltweit führender Hersteller von 3-D-Displays, entwickelte den 19-Zoll TFT-Display vor allem für den Spielmarkt. Das Basismodell NEC multiSync LCD90GX2 profitiert von seiner geringen Reaktionszeit von 2 ms sowie der glänzenden Oberfläche. Des Weiteren trumpft auch der Multi-User-Display durch den optimalen Betrachtungsabstand von 70cm. Das Unternehmen ist insbesondere für die dreidimensionale Bilddarstellung ohne Hilfsmittel bekannt. Bis jetzt wurde dieses System jedoch vermehrt in den Bereichen Marketing, Engineering, Medizin oder als Geo-Informationssystem eingesetzt. Das soll sich jetzt ändern, in dem auch PC Spieler diese Technik nutzen können. Die dafür entwickelte Treibersoftware der Firma VisuMotion GmbH aus Jena ermöglicht sehr realistische Videoanimationen ohne Hilfsmittel wie beispielsweise 3D-Brillen.⁴⁹

Diejenigen, die ihren bisherigen Computerbildschirm weiterhin benutzen wollen, haben die Möglichkeit, die von Nvidia entwickelte 3D-Brille zu nutzen. Sie befähigt den Spielenden, dreidimensionale Bilder auf herkömmlichen Computerbildschirmen zu sehen. Die Brille, welche „Geforce 3D Vision“ genannt wird, wird per Funk mit dem PC verbunden. Rund 350 Computerspiele können somit in 3-D gespielt werden.

Auf der CES – Computer Electronic Show – wurde sogar die Möglichkeit einer 3-D-Übertragung eines amerikanischen Football-Spiels gezeigt. Dazu musste das Spiel mit sehr hoch auflösenden Kameras gefilmt werden. Helmut Digel, Direktor des Instituts für Sportwissenschaft der Eberhard-Karls-Universität Tübingen, ist der Meinung, dass auch hier die USA mal wieder ein Vorreiter sei, jedoch bald auch in Europa ein Markt für diese 3-D-Übertragungstechnik gegründet werde. So stellt er fest, dass gerade Sport sehr stark mit Emotionen verbunden sei und somit durch jede weitere

⁴⁸ vgl. Gross 2008, o.S.

⁴⁹ vgl. Lange 2007, o.S.

Dimension, die Menschen wahrnehmen können, die Intensität der Zusehererlebnisse steige.⁵⁰

Aber auch auf der Macworld 2007 in San Francisco erstaunte die Besucher die neueste 3-D-Technik des deutschen Optikkonzern Carl Zeiss. Durch seine neu entwickelte Videobrille können Filme vom eigenen iPod oder iPhone auf eine virtuelle Großleinwand projiziert werden.⁵¹

5.1.4 Anwendung

Ein Beispiel für die Anwendung der Stereoskopie war die „3-D-Woche“ des Privatsenders ProSieben im Jahr 1998. Hier wurden Tierfilme gezeigt, in welchen Teilsequenzen in 3-D ausgestrahlt wurden. Es wurden Brillen verteilt, deren rechtes Glas mit einem Filter abgedunkelt wurde. Dadurch verlangsamte sich die Wahrnehmung um ca. 1/50 Sekunden zum anderen Auge. Schwenkte die Kamera also im optimalen Tempo nach links, so hat der Betrachter ein dreidimensionales Bild gesehen. Das Bemerkenswerte bei diesem Verfahren ist, dass auch Menschen ohne die 3-D-Brille den Film schauen können. Da ein Film, der nur Linksschwenks enthält, komisch wirken würde, sind nur Teilsequenzen des ganzen Films in 3D zu sehen.

Eine weitere Anwendung, die privat genutzt werden kann, ist die Shutter-Brille. Sie ermöglicht bei der Nutzung von Spielen die darin enthaltenen Monster in einer außergewöhnlichen Ausdehnung zu sehen und somit das Spiel richtig zu erleben. Die Shutter-Brille enthält eingebaute Polfilter, die im Einklang mit der Grafikkarte, abwechselnd ein Auge verdunkeln und somit immer nur ein Bild sichtbar machen.

Aber nicht nur für private Anwendungen ist die Stereoskopie einsetzbar. Auch im Bereich der Wissenschaft gibt es Anwendungsgebiete, die vor allem genutzt werden, wenn eine zusätzliche Darstellung der Raumtiefe von Nöten ist. Die Stereomikroskopie ermöglicht zum Beispiel die

⁵⁰ vgl. Bruhnke 2009, o.S.

⁵¹ vgl. Bruhnke 2009, o.S.

dreidimensionale Ansicht und Vergrößerung von Kristallen, Kleinstlebewesen oder anderen Gegenständen.

Des Weiteren können beispielsweise Kunsthistoriker mit Hilfe von Stereofotografie Plastiken oder Reliefs in dreidimensionaler Form darstellen. Genauso profitieren Architekten, Archäologen, Geologen oder auch Mediziner von der Stereoskopie, da es so dem Betrachter erheblich leichter fällt, die räumliche Gestalt, Form oder Anordnung von Objekten zu sehen. Wegen des hohen technischen Aufwands ist es jedoch nicht möglich, die Stereoskopie dauerhaft zu nutzen. Oft wird das Verfahren auch durch andere Verfahren ersetzt. Hier ist beispielsweise die Computertomographie zu nennen.⁵²

5.2. Virtual Reality

5.2.1. Grundlegendes

Die Virtual Reality, im folgenden VR abgekürzt, zu erklären birgt einige Schwierigkeiten mit sich. Judkins behauptet, dass man diese Technologie nur verstehen kann, „*wenn man sie selbst erlebt habe*“⁵³. Man könne sie weder mit Illustrationen noch mit Fotografien beschreiben und eine technische Beschreibung der Grundzüge würde vergleichsweise langweilig klingen.

Grundlage für VR ist, dass durch sie die Erkundung einer computergenerierten Welt, in der man sich bewegen kann, ermöglicht wird. In diesem System bewegt man sich in einem dreidimensionalen grafischen oder gefilmten virtuellen Universum. Diese virtuelle Welt kann man selber beeinflussen, ähnlich wie man es aus wirklichen Welt gewohnt ist.⁵⁴ Es gibt

⁵² vgl. Kohler 2004, o.S.

⁵³ Judkins / Sherman 1993, S.11

⁵⁴ vgl. Judkins / Sherman 1993, S.11

drei Kriterien die gelten müssen, um von virtueller Realität zu sprechen: „*Sie ist inkludierend, interaktiv und alle Abläufe laufen in Echtzeit.*“⁵⁵

Das bedeutet für den Nutzer eines VR-Systems, dass er mit diesem System in Interaktion treten kann. Folglich hat man die Möglichkeit, sich in der computergenerierten Welt zu bewegen. Es ist möglich „*Objekte und Zustände zu verändern und zu bestimmen*“⁵⁶. Diese Interaktion muss ohne zeitliche Verschiebung von statten gehen. Es darf also „*zwischen der Anweisung und Ausführung praktisch keine Zeitverzögerung geben*“⁵⁷. Die VR ist nicht passiv, da sie nur als solches bezeichnet werden kann, wenn eine Interaktion stattfindet. Daraus folgt, dass einfaches Zuschauen, wie bei Film oder Fernsehen, nicht möglich ist.

Außerdem ist es unabdinglich, dass der Benutzer des Systems die virtuelle Welt als glaubhaft empfinden muss. Um dieses Kriterium zu testen, wird gerne der so genannte „Ducktest“, welcher von Myron Krueger, einem Pionier der virtuellen Systeme ins Leben gerufen worden ist, durchgeführt. In diesem Test wird ein virtueller Stein auf den Betrachter geworfen. Wenn dieser sich duckt, obwohl ihm klar ist, dass dieser Stein gar nicht existiert, wird diese Welt als glaubhaft eingestuft. Dieses Prozedere nennt man „Immersion“. Ziel der Entwicklung von VR-Systemen ist es, eine totale Immersion zu schaffen. Schlussfolgerung aus diesem Test ist, dass eine virtuelle Welt immer eine 3-Dimensionale sein muss.⁵⁸

5.2.2. Schnittstellen

Die Darstellung von 3-D Visualisierungen auf einem 2-Dimensionalen Bildschirm kann man mit dem Gefühl vergleichen, als wenn man durch einen Glasboden Boot in das Meer blickt. Dabei schaut man in eine Welt, ohne Erfahrungen zu machen. Um der Welt ein bisschen näher zu kommen, kann man stereographische Bildschirme nutzen. Vergleichbar wäre dies mit

⁵⁵ Judkins / Sherman 1993, S.12

⁵⁶ Judkins / Sherman 1993, S. 17

⁵⁷ Judkins / Sherman 1993, S.17

⁵⁸ vgl. Judkins / Sherman 1993, S.17 f.

Schnorcheln. Man befindet sich nur an der Oberfläche. Hat man einen 3- Dimensionalen Bildschirm und ermöglicht durch eine Schnittstelle, wie dem Datenhandschuh, in der virtuellen Welt zu interagieren, ist dies zu vergleichen mit einem Tauchgang. Man befindet sich nun in dieser Welt. Um dieses Eindringen zu ermöglichen wurden viele Schnittstellen erfunden. Auf einige dieser werde ich im Folgenden näher eingehen.

Zunächst stellt sich die Frage der Darstellung. Wie real darf das Bild sein? Brend Laurel, VR-Wissenschaftlerin, ist der Meinung: *“Fotorealismus führt in die Irre”*⁵⁹. Die Aussage wird von dem VR-Metaphysiker Michael Heim unterstützt. Er ist der Meinung, dass die 3-dimensionale Darstellung nicht zu real sein darf, da sich sonst der Anreiz der Phantasie verringert. *„Eine virtuelle Welt kann nur so lange virtuell erscheinen, wie wir sie als Kontrast zu wirklichen (verankerten) Welt erleben.“*⁶⁰ Andere Wissenschaftler haben da noch eine viel drastischere Meinung. Sie denken, dass Virtuelle Realität gar nicht real sein darf, da der User dann *„die Wirklichkeit der Kopie in jedem Fall vorziehen“*⁶¹ würde.⁶²

5.2.3. Optik

In den meisten Fällen von VR wird eine Bildschirmbrille benutzt. Diese Brille besteht aus zwei Bildschirmen und basiert auf dem System der Stereoskopie.⁶³ Die Bildschirmbrille ist aber nicht nur ein Gerät für die Visualisierung. Was viel entscheidender ist, ist die Tatsache, dass sie ein Datenlieferant für den Computer ist. Durch Sensoren werden die genauen Daten bezüglich Position und Ausrichtung des Kopfes übermittelt. Dieser Datenstrom ermöglicht es, die Berechnung des stereoskopischen Bildes zu vervollständigen. Die Bilder werden dynamisch an der Veränderung des Blickwinkels und der Bewegung des Users angepasst. Es wird also in

⁵⁹ Cadoz 1998, S.150

⁶⁰ Cadoz 1998, S.150

⁶¹ Cadoz 1998, S.150

⁶² vgl. Cadoz 1998, S. 150

⁶³ vgl. Cadoz.1998, S.18

Echtzeit fortlaufend ein neues stereoskopisches Bild berechnet, indem *„die Kopfbewegung des Anwenders im realen Raum als entsprechende Bewegung im Bezug auf das virtuelle Objekt berücksichtigt“*⁶⁴ wird. Der Betrachter des Bildes löst sich von der Szene, die nun autonom erscheint. Man befindet sich in einem festen Raum, der eine unabhängige Existenz zu führen scheint.⁶⁵ Der Nutzer wird davon überzeugt, dass *„das Wahrgenommene real ist“*⁶⁶.

Inzwischen werden häufig verschiedene Arten von Projektionen in Kombination von Brillen mit Polarisationsfiltern eingesetzt. Diese Brillen sind auch mit Trackingsensoren ausgestattet. Der Vorteil dieses Systems ist, dass man die Bildschirme nicht direkt vor den Augen hat. Das Bild ist größer und man kommt sich integrierter vor. Die Trackingsensoren dienen der Bewegungsverfolgung des Nutzers.

Eine Möglichkeit dieser Projektion ist der „Cave“ (s. Abbildung 7). Der „Cave“ besteht aus 4–5 Wänden, die im Prinzip einzelne Leinwände sind. Zudem kann man den „Cave“ mit mehreren Personen gleichzeitig nutzen.

Abbildung 7: The cave



Quelle: Muthélet 2008, o.S.

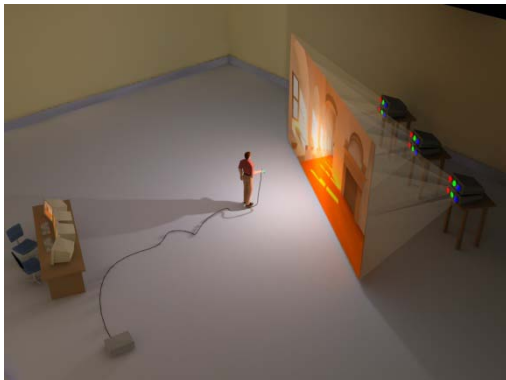
⁶⁴ Cadoz 1998, S. 20

⁶⁵ vgl. Cadoz 1998, S.20

⁶⁶ Cadoz 1998, S.20

Andere Projektionsmöglichkeiten, auf die ich aber technisch nicht weiter eingehen werde, sind zum Beispiel „a wall“ (s. Abbildung 8), „a reality center“ (s. Abbildung 9), „a holostage“ (s. Abbildung 10) oder „a panoscope“ (s. Abbildung 11).

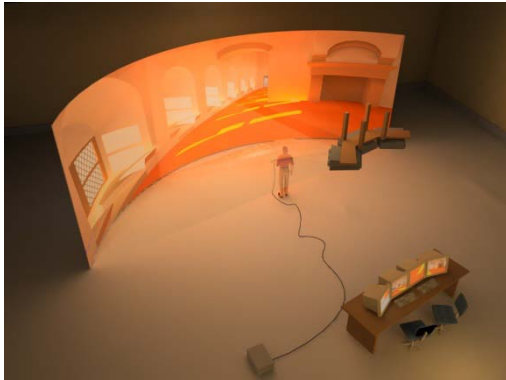
Abbildung 8: A Wall



Quelle: Muthélet 2008, o.S.

Projektion des stereoskopischen Bildes durch mehrere Projektoren auf eine gerade Leinwand.

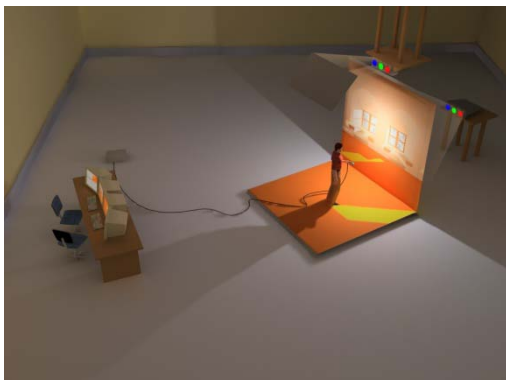
Abbildung 9: A Reality Center



Quelle: Muthélet 2008, o.S.

Projektion des stereoskopischen Bildes durch mehrere Projektoren auf eine gewölbte Leinwand. Durch die Wölbung wird eine bessere Immersion erzeugt als auf einer geraden Leinwand.

Abbildung 10: A Holostage



Quelle: Muthélet 2008, o.S.

„A Holostage“ ist eine reduzierte Form des Cave`s. Hier wird das Bild auf den Boden und eine senkrechte Leinwand projiziert. Die Seitenwände fehlen.

Abbildung 11: Panoscope



Quelle: Virtuel 2008, o.S.

Beim Panoscope wird das Bild auf eine 360° Kugel projiziert. Der Vorteil dabei ist, dass keine Kanten wie beim Cave entstehen. Es wird das Gefühl vermittelt, dass man in der Projektion steht. Dies hat eine sehr gute Immersion zur Folge.

5.2.4. Interaktion

Die bekannteste Schnittstelle für die Interaktion mit dem dreidimensionalen Bild ist der Data- oder Cyber Glove (s. Abbildung 12). Hauptsächlich dient er dazu, die Position und Bewegung der Hand mittels Sensoren oder Tracking Markern zu bestimmen. Eine ähnliche Art die Bewegung zu ermitteln sind „Exoskelette“. Bei diesem System werden möglichst leichte Skelette an dem Körper des Nutzers angebracht. An jedem Gelenk wird ein Exo-Segment angebracht. Die einzelnen Exo-Segmente werden verbunden und mit Winkelmeldern versehen. Dadurch wird jede Information über die Winkel der Gelenke an den Computer weitergeleitet und auf das VR-System übertragen. Exoskelette (s. Abbildung 13) gibt es für die Hand, den Arm und auch für den gesamten Körper.⁶⁷

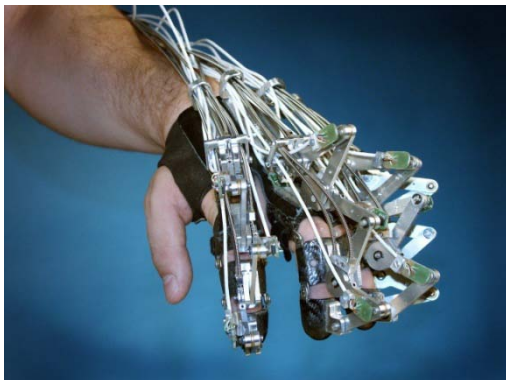
⁶⁷ vgl. Cadoz 1998, S. 32

Abbildung 12: Data Glove



Quelle: Kuntz 2008, o.S:

Abbildung 13: Exoskelett



Quelle: TU Berlin Institut für Technische Informatik und Mikroelektronik 2006, o.S.

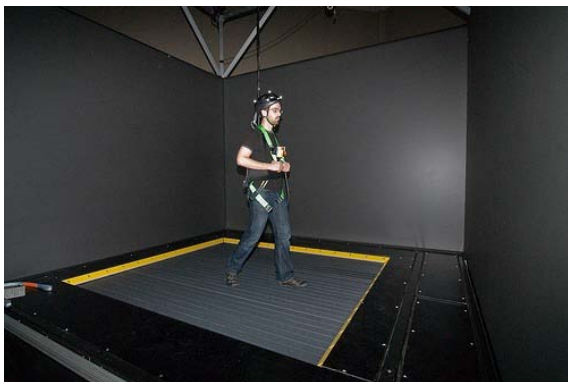
Eine weitere Schnittstelle für die Integration und die Ausdehnung der Interaktivität in der virtuellen Welt bietet „Lokomotion“. Lokomotion bedeutet die *„Fortbewegung des Subjektes im (virtuellen) Raum“*⁶⁸. Das System beruht auf dem gleichen Prinzip wie dem des Trackings der Kopfbewegung und dessen Übertragung auf den Blickwinkel im virtuellen Raum.

⁶⁸ Cadoz 1998, S.33

Bei Lokomotion wird das „Prinzip verallgemeinert und auf den ganzen Körper angewandt.“⁶⁹ Bei der natürlichen Bewegung verändert sich der Blickwinkel des Menschen ständig. Das bedeutet es werden fortlaufend neue Bilder von der Umgebung zum Gehirn geschickt. Für die virtuelle Welt bedeutet das, die entsprechenden Bilder in Abstimmung mit der Bewegung der Augen und des Körpers zu simulieren.

Ein Beispiel für die Umsetzung eines Lokomotion Systems wurde von Mel Slatters Team am Queen Mary Westfield College in London erfunden. Es wird Virtual Treadmill (s. Abbildung 14) genannt. Es nutzt einen Positions- und Orientierungssensor, der auf dem Kopf angebracht wird. Zusammen mit einer Software, die auf der Technik der neuromimetischen Netze basiert, wird das Gehen des Users analysiert und auf die Entstehung der Bildabfolge im virtuellen Raum übertragen.⁷⁰

Abbildung 14: Omni Directional Treadmill



Quelle: Flickr 2009, o.S.

⁶⁹ Cadoz 1998, S.33

⁷⁰ vgl. Cadoz 1998, S.33

5.2.5. Die Wahrnehmung

Es gibt mehrere entscheidende Probleme bei den verschiedenen VR-Schnittstellen. Sie sind sehr unpraktisch zu tragen und lenken dadurch vom eigentlichen Eintauchen in die virtuelle Welt eher ab, als dass sie ihre Aufgabe, nämlich gegenteiliges zu erreichen, erfüllen. *„Ein vollständiges Eintauchen auf der einen Seite und eine Präzision in Bezug auf alle sinnlichen Phänomene, die man simulieren möchte, auf der anderen Seite sind nicht miteinander zu verbinden.“*⁷¹ Ein weiterer Punkt ist die Weiterleitung von Gesten. Angenommen, ein User ist ausgestattet mit einem Cyber Glove und einer Bildschirmbrille. Nun versucht der User, im virtuellen Raum, einen Apfel von einem Baum zu pflücken. Sobald er den Apfel umfasst, hat er diesen zwar in der virtuellen Hand, aber die echte Hand spürt davon nichts. In diesem Moment wird der User aus der virtuellen Welt herausgerissen und ihm kommt alles nicht mehr real vor.

Zu einem ähnlichen Ergebnis führt es, wenn man in einem virtuellen Raum gegen ein Tisch oder eine Wand läuft. Das Gefühl des Gegenstoßens fehlt und man nimmt die virtuelle Welt nicht mehr als real war.

Auch der Tastsinn wird vernachlässigt. Es gibt kein Gefühl von Haptik; wenn man zum Beispiel in der virtuellen Realität einen Holztisch anfasst, fühlt er sich genauso an, als wenn man einen Stahlträger umarmt.

Diese Wahrnehmungen sind für den Menschen sehr wichtig, damit er das Gefühl von einer Realität hat. Eine gute Beschreibung liefert hierfür das Sprichwort⁷²: *„Kneif mich damit ich weiß, dass ich nicht träume.“*⁷³

Das Gefühl von Druck, Festigkeit, Weichheit, Form, Ausrichtung, Entfernung und Größe eines berührten Objektes ermittelt das Gehirn durch das Zusammenfügen von den Informationen, die es durch die Bewegung der Hand, mit denen, die es durch die Tastzellen übermittelt bekommt. Hinzu kommen noch die Daten, die es durch die Gelenke und Muskeln bekommt. Anschließend kombiniert das Gehirn nun die zusätzliche Information von

⁷¹ Cadoz 1998, S.38

⁷² vgl. Cadoz 198, S.40

⁷³ Cadoz 1998, S.40

dem Objekt über Gewicht, Gelenkstruktur, Plastizität, Verformbarkeit und Bewegung. Diesen Sinn nennt man taktil-proprio-kinästhetischen Sinn, welcher von Blinden besonders genutzt wird.

So wie sich der Bildschirm an das Sehen richtet, versuchen Forscher Schnittstellen zu entwickeln, die die Daten der taktil-proprio-kinästhetischen Sinne auf gleicher Weise an den Nutzer übertragen. Zum Beispiel wurde in einem englischen System, TeleTact, ein Datenhandschuh mit Luftpolstern ausgestattet. Die Luftpolster wurden an der Handinnenfläche und in der Mitte der Fingerknochen angebracht. Im richtigen Moment werden die Luftpolster computergesteuert und sehr präzise mit Luft gefüllt und erzeugen dadurch einen Druck, den die Hand spürt. Dadurch wird das Gefühl vermittelt, dass man etwas berührt.

Es gibt auch Versuche, Exoskelette mit Tastsinnen auszustatten. Hierbei wird die Tatsache ausgenutzt, dass die Haut sensible für Vibrationen ist. Die Wissenschaftler haben kleine Membrane an den Fingerkuppen angebracht. Man kann sich das wie kleine Lautsprecher vorstellen, die bei Kontakt mit einem virtuellen Objekt anfangen zu vibrieren.⁷⁴

5.2.6. Anwendung

Das Spektrum der Anwendungen für VR-Systeme ist riesig. Beim Entwurf von jeglichen technischen Geräten wie Fernseher, Staubsauger und Computer aber auch bei Lastwagen und Raketen oder sogar bei einfachen Cornflakes-Verpackungen wird VR Standardtechnik werden.⁷⁵ VR hat den Vorteil, dass man sich durch die Entwürfe bewegen und dadurch Planungsfehler schneller erkennen und beheben kann. Architekten und Konstrukteuren wird dieses System eine bessere Chance geben, sich die Probleme von Menschen besser vorzustellen.⁷⁶

⁷⁴ vgl. Cadoz 1998, S.41 f.

⁷⁵ vgl. Judkins / Sherman 1993, S.91

⁷⁶ vgl. Judkins / Sherman 1993, S.83

VR wird nicht nur für die Entwicklung von Produkten oder als Arbeitshilfsmittel verwendet, sondern wird auch für das visuelle Vergnügen eingesetzt. Es findet seinen Platz in der Produktwerbung und wurde schon für einen japanischen LKW, ein Männerparfüm, Kekse, Süßigkeiten sowie Sportbekleidung eingesetzt.

Die meiste Aufmerksamkeit erzielt VR jedoch in der Videospielbranche, sodass viele andere Nutzungsmöglichkeiten nahezu *unbeachtet* und *unerschlossen* bleiben.⁷⁷

Immer mehr Unternehmen in Ländern wie Europa, Japan oder den Vereinigten Staaten, bemühen sich jedoch, die VR-Technik und -Ausrüstung zu verbessern und weiter zu entwickeln, so dass immer mehr mögliche Anwendungen entstehen. Die Japaner können sich beispielsweise VR-Systeme sogar als Hauptmedium in der Telekommunikation vorstellen und konzentrieren sich dementsprechend intensiv auf dessen Umsetzung.

Einen weiteren Einsatz der VR-Technik findet man in der medizinischen und handwerklichen, sowie in Teilbereichen der militärischen Ausbildung. So wird sie bereits in Schulen getestet, behinderten Menschen zur Unterstützung gestellt und ist für Architekten, Konstrukteure und Ingenieure nicht mehr weg zu denken.⁷⁸

VR-Systeme zeigen aus Erfahrungsberichten, dass sie sehr gut zum Lernen geeignet sind. Es ist für Kinder und Erwachsene gleichermaßen unterhaltsam und visuell anregend. Man lernt aus Erfahrungen, die man selber macht. Es wäre zum Beispiel auch möglich, mit kleineren oder auch größeren Gruppen zusammen in einer virtuellen Welt zu lernen. Man kann sich vorstellen, eine Bibliothek mit verschiedenen virtuellen Welten anzulegen, die jeder Zeit von einer ganzen Schule oder Universität abrufbar wären.⁷⁹

Meredith Bricken erfand hierzu ein Programm, das Kindern Algebra näher bringen soll. *„Es verwandelt eine Welt abstrakter Begriffe in handfeste*

⁷⁷ vgl. ebda., S.77

⁷⁸ vgl. ebda., S.14

⁷⁹ Vgl. ebda., S.110

*Modelle, und die Kinder können zwischen den Gleichungen spielen.*⁸⁰

Diese Methode ist vor allem für Kinder, die sich noch nie mit der Algebra befasst haben, ein wunderbarer Einstieg, diese kennen zulernen und zu verstehen.

VR ist nicht nur ein aktives Medium, sondern es nimmt auch die Ideen der Schüler auf. So gibt es in der VR keine Schwerkraft, keine Magnetfelder, Echos oder Spiegelbilder. Den Kindern wird ermöglicht, ihre eigenen physikalischen Gesetze zu programmieren. Ein Beispiel hierfür wäre ein Ball, der nach oben „fällt“. Der Lehrer kann sich dann wiederum in die virtuelle Welt einschalten und sein Lernstoff nach den Ideen der Kinder gestalten. Wie realitätsnah VR ist beschreibt Meredith Bricken: *“ Die Fertigkeiten, die wir brauchen, um uns in einer virtuellen Welt zurechtzufinden, sind dieselben, die wir von Geburt an in der wirklichen Welt gelernt haben.*“⁸¹ Entscheidend ist hierbei, dass die Kinder sich mit den Dingen direkt auseinander setzen können und diese auch selber erleben. Dies ist für die meisten Kinder viel greifbarer als Dinge nur zusehen, da sie nur so die Zusammenhänge verstehen können.⁸²

Während die Ausbildung bzw. das Lernen mit Hilfe von VR noch ein Thema der Zukunft darstellt, ist es in der Medizin bereits ein Thema der Gegenwart. So ist ein großer Bestandteil der VR-Forschung die Schulung der Beschäftigten im Gesundheitswesen. Ein Beispiel hierfür ist die Einführung von virtuellen Leichen, an denen die Medizinstudenten in ihren Anatomiekursen mit Hilfe von virtuellen Skalpellen praktizieren könnten. Der Vorteil bei dieser Praktik ist, dass die Studenten das Gefühl haben, eine wirkliche Leiche zu bearbeiten, sie jedoch in Wirklichkeit dabei vollkommen sauber und unblutig bleiben.⁸³

Das Pariser Unternehmen Medialab entwickelt sogar Programme, die ausgebildete Chirurgen dabei unterstützen, endoskopische Chirurgie durchzuführen. So ermöglichen die Programme dem Chirurgen eine

⁸⁰ Cadoz 1998, S.108

⁸¹ Cadoz 1998, S.108

⁸² vgl. Cadoz 1998, S.108

⁸³ vgl. Judkins / Sherman 1993, S.112

endoskopische Kartographie eines Patienten in Echtzeit durchzuführen. Der operative Eingriff könnte also simuliert und geübt werden. Aber auch während der eigentlichen Operation kann das Programm eingesetzt werden, da der Chirurg mit Hilfe des Systems vor falschen Bewegungen gewarnt wird und er schneller auf unerwartete Entwicklungen reagieren kann.⁸⁴

Eine weitere Anwendung der VR ist im Militär zu finden. Das Programm Super Cockpit, welches im Armstrong-Forschungslabor für Raumfahrtmedizin auf der Wright-Patterson-Militärbasis in Dayton (USA) entwickelt und von der amerikanischen Luftwaffe finanziert wurde, entstand 1982. Es ist eine Weiterentwicklung der Flugsimulatoren, die bereits während des zweiten Weltkrieges eingesetzt wurden. Das Super Cockpit ist als eine „dreidimensionale, virtuelle Panoramablase“ zu sehen, welche dem Piloten einen Überblick über die gesamten Informationen, die er im Einsatz benötigt, ermöglicht. Das bedeutet, dass durch den Einsatz dieses Programms der Pilot alle Apparate kontrollieren, Gefahren und Ziele erkennen und bei Notwendigkeit sogar Waffen einsetzen kann. Das Visualisierungssystem erlaubt dem Piloten die synthetischen Bilder so zu sehen, dass die Sicht auf die wirkliche Umgebung nicht verdeckt wird. Die Bilder, die tatsächlich vom Piloten gesehen werden, entsprechen der überflogenen Landschaft, sind jedoch in vereinfachter Form und frei von jeglicher Doppeldeutigkeit. Dies wird durch den Einsatz eines Radars sowie Positionsmelder auf dem Helm ermöglicht. Letztendlich muss der Pilot zwei Bereiche kontrollieren. Zum einen seine Position im Raum, welche er über den Apparat wahrnimmt, und zum anderen seine Verbindung zum Apparat selbst, durch welche er Handlungsmöglichkeiten erhält, die über seine bisherigen hinausgehen.⁸⁵

⁸⁴ vgl. Cadoz 1998, S.29

⁸⁵ vgl. ebda, S.24 ff.

5.3. Holografie

Holografie ist die einzige Möglichkeit, echte 3-Dimensionale Objekte ohne zusätzliche Hilfsmittel darzustellen.⁸⁶

Unter Holografie versteht man in erster Linie eine Methode, alle optischen Informationen eines Objektes durch verschiedene Verfahren auf einen Film aufzuzeichnen und wiederzugeben. Das entstandene Bild zeigt das Objekt 3-dimensional mit seiner Oberflächenstruktur und – beschaffenheit.⁸⁷

Der Physiker Dennis Gabor, ist Erfinder der Holografie. Seine bahnbrechende Erfindung galt jedoch zunächst gar nicht der optischen Darstellung von 3-Dimensionalen Objekten, sondern sollte das Auflösungsvermögen von Mikroskopen verbessern. Durch einen Modellversuch gelang es ihm, ein zweistufiges Abbildungsverfahren zu entwickeln, was den Grundstein für die Holografie legte. Für seine Erfindung und die darauf folgenden Forschungen erhielt Gabor 1971 den Nobelpreis der Physik. Diese Art von Holografie findet die größte Anwendung in Dokumenten und Datenspeichern sowie der Kunst.⁸⁸

Auf die weiteren Methoden der Herstellung und der verschiedenen Arten dieser Hologramme werde ich nicht weiter eingehen, sondern beschäftige mich im Folgenden mit holografischen, beziehungsweise volumetrischen Displays.

5.3.1. Quasi-holografische Displays

Dieses System erzeugt eine realistische Darstellung von 3-D Objekten durch das kontrollierte Projizieren von Lichtstrahlen unterschiedlicher Farben und Intensität mit Hilfe von optischen Modulen (Microdisplays) (s. Abbildung 15). Dadurch entsteht der Eindruck für den Betrachter, dass sich ein Leuchtpunkt vor oder hinter dem Display befindet. Die Ausrichtung der

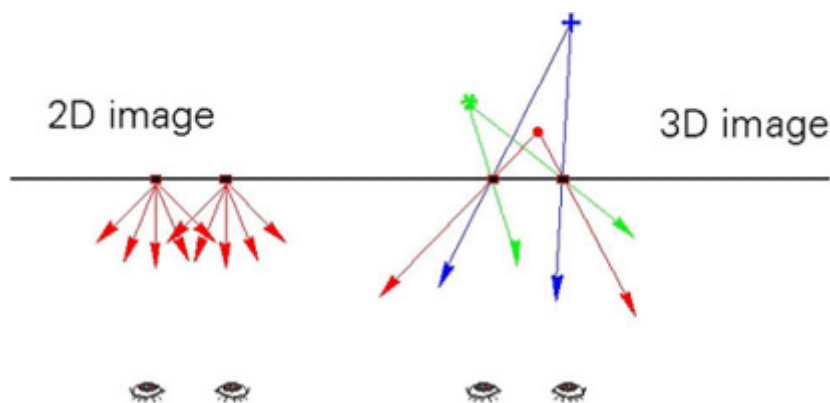
⁸⁶ vgl. Campbell / Danaher 2002. S.34

⁸⁷ vgl. Hansen / Schlesinger / Unterseher 1987, S. 15

⁸⁸ vgl. Heiß 1995, S. 13

einzelnen Lichtstrahlen wird durch eine Software gesteuert, wodurch die Leuchtpunkte entstehen. Der Leuchtpunkt simuliert so einen Voxel. Im dreidimensionalen Raum ist ein Voxel (volumetric pixel) äquivalent zum Pixel in 2-D. Es wird beschrieben durch seine x, y und z Koordinaten im kartesischen System.⁸⁹ Da das System kein echtes holografisches ist, aber dennoch ein realistisches 3- dimensionales Bild ohne zusätzliche Hilfsmittel erzeugt, wird es quasi-holografisch genannt. Bei dieser Art von Displays wird ein Sichtbereich von 50° erreicht, sodass Objekte auch seitlich betrachtet werden können.⁹⁰

Abbildung 15: Quasi-holografisches Prinzip



Quelle: Holografika Kft 2009, o.S.)

Beispiel:

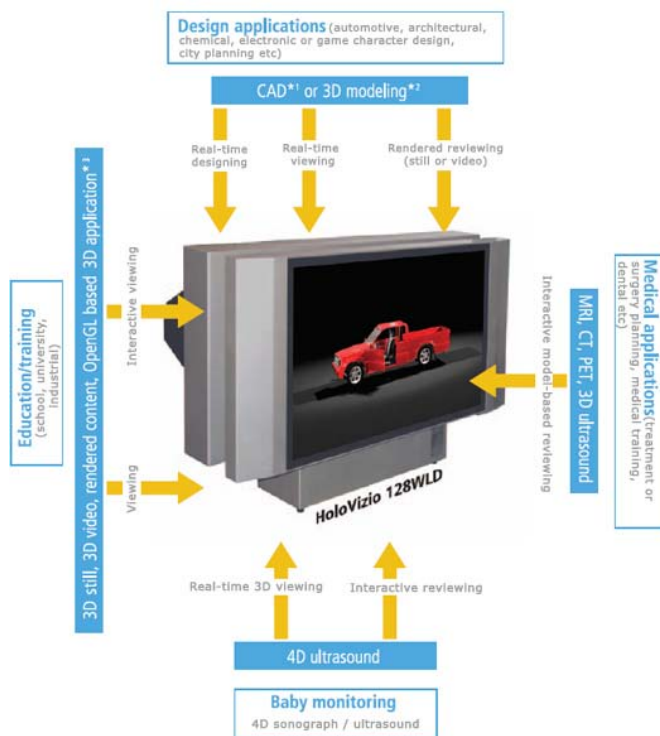
Der Holovizio Display (s. Abbildung 16) der Firma Holografika aus Ungarn bedient sich dem quasi-holografischen Methode. Sie entwickelt ihre Bildschirme seit 1994 und haben inzwischen eine Bildschirmgröße von 32 Zoll mit dem Seitenverhältnis von 16:9 erreicht. Seit Anfang 2004 vertreibt die Firma ihre Displays kommerziell und bekommt internationale Anfragen

⁸⁹ vgl. Howe 1995, o.S.

⁹⁰ vgl. Geiger 2004, S. 61

aus dem medizinischen Bereich sowie aus der Automobilproduktion. Eine Kooperation mit Phillips besteht seit 2003, da dadurch ein noch größerer Bildschirm entwickelt werden soll.⁹¹

Abbildung 16: Der HoloVizio 128WLD



Quelle: Dowsing 2008, o.S.

5.3.2. Holografische / Volumetrische Displays

Displays, die eine echte 3-dimensionale Ansicht ermöglichen, nennt man volumetrische Displays. Diese haben im Gegensatz zu den stereoskopischen den Vorteil, dass sie dem Betrachter nicht nur eine räumliche Wahrnehmung vortäuschen, sondern sie wirklich erschaffen. So

⁹¹ vgl. Geiger 2004, S.61

ist es möglich, nicht nur eine Sicht auf die Dinge zu haben, sondern bei manchen Geräten werden sogar 360° Ansichten umsetzbar, wodurch man um ein Objekt herumgehen kann.⁹²

Die volumetrischen Displays basieren auf einem Voxel-System.⁹³

Um ein echtes 3-Dimensionales Objekt zu projizieren, wird quasi ein realer Lichtkörper generiert. Das bedeutet, dass die 3-D Visualisierung Teil unserer Umgebung wird. Bei den verschiedenen Displays für die Darstellung von echtem 3-D wird hauptsächlich zwischen volumetrischen Displays, elektro-holografische Displays und sphärischen Displays unterschieden.⁹⁴

5.3.2.1. Elektro-holografische Technik

Elektro-Holografische Displays bestehen aus Lasern, Scannern, Spiegeln und einem vertikalen Diffusor. Das durch diese Technik erzeugte 3-D Objekt hat ein Durchmesser von 15 cm und erlangt ein Sehbereich von 30°. Die Darstellung ist beschränkt auf monochrome Wiedergabe von ausschließlich computergenerierten Objekten. Außerdem benötigt das Gerät eine extrem hohe Datenrate. Erfunden hat dieses System das M.I.T: Media Lab.⁹⁵

5.3.2.2. Volumetrische Techniken

Bei volumetrischen Displays erscheinen die Objekte transparent. Das liegt daran, dass zum Beispiel der Voxel im Vordergrund nicht das Licht von dem Hintergrund absorbieren kann. Dadurch sind alle eigentlich verdeckten Objekte sichtbar. Auch bei diesem System können nur computergenerierte Objekte dargestellt werden. Auf Grund von verschiedenen Möglichkeiten

⁹² vgl. Geiger 2005, S.60

⁹³ vgl. Riedl / Schratt 2005, S.1

⁹⁴ vgl. Riedl / Schratt 2005, S.1

⁹⁵ vgl. Riedl / Schratt 2005, S.4

von Betrachtungswinkeln wird innerhalb der Technik nochmals in Unterkategorien unterschieden.⁹⁶

- Multi-directional systems (der Betrachtungswinkel ist der selbe wie bei herkömmlichen LCD Bildschirmen)
 - o Dual-Level Displays

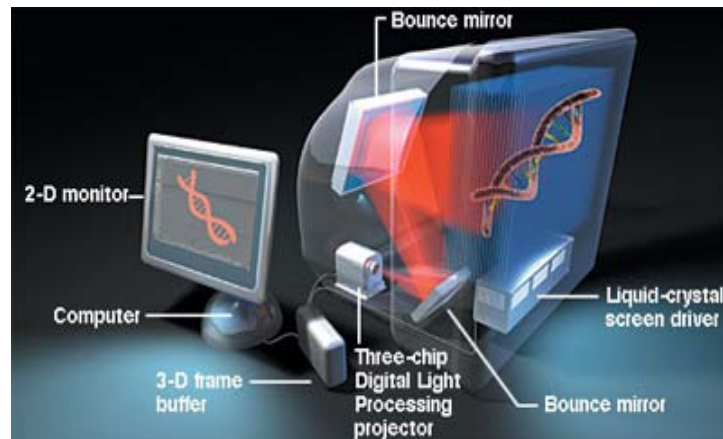
Diese Bildschirme bestehen aus zwei hintereinander angeordneten TFT Schichten. Eine Software interpretiert den Inhalt zwischen den beiden Schichten. Dadurch wird zwar kein plastisches Bild erzeugt, aber der Betrachter kann eine Räumlichkeit durch die Abgrenzung von Vorder- und Hintergrund erahnen.
 - o Multi-level Displays

Diese Art von Bildschirmen bestehen aus mehreren Schichten von LCD's (s. Abbildung 17). Durch die Information über die räumliche Tiefe der Objekte werden die verschiedenen Schichten entweder sichtbar oder transparent geschaltet. Die einzelnen Bilder werden mit Hilfe eines Highspeed Projektors auf die einzelnen Schichten visualisiert. Damit auch Teile eines Objektes, die sich zwischen einzelnen Layern befinden sichtbar werden, verwendet man aufwendige anti-aliasing Algorithmen, die eine konstante Tiefenwahrnehmung eines Objektes garantieren, anstatt die einzelnen Schichten für den Betrachter sichtbar zu machen. Das bedeutet in der Praxis, dass wenn ein Voxel zwischen verschiedenen Schichten sichtbar sein soll, wird er mit verschiedener Lichtintensität auf beide Schichten projiziert (zum Beispiel 75 % Lichtintensität auf der 15. Schicht und 25% auf der 16.). Der Nachteil des Systems ist die geringe Herzzeit für das Aktualisieren der Bilder (derzeit 50 Hz), da das technisch komplizierte Verfahren, die

⁹⁶ vgl. Riedl / Schratt 2005, S.4

einzelnen Bilder auf die Schichten zu projizieren, eine schnellere Aktualisierung verhindert.⁹⁷

Abbildung 17: Aufbau eines Multi-level Displays



Quelle: Sullivan 2005, o.S.

Beispiel:

Lightspace Technologies nutzen das oben genannte Verfahren für ihre 3-D Display „Depth Cube“ (s. Abbildung 18). Ihr aktueller Bildschirm hat eine Größe von 19.6 Zoll. Mittels spezieller OpenGL-Treiber hat man die Möglichkeit beliebige Anwendungen auf dem Display darzustellen. Getestet wurde insbesondere CAD und andere 3-D Programme, sowie Computerspiele. Durch die geringe Herzzahl des Bildschirms können nur 20 Bilder pro Sekunde gezeigt werden, wodurch das flüssige Abspielen von Animationen nicht gewährleistet wird. Als Anwendungsbereich sieht der Hersteller Möglichkeiten im Bereich des Militärs, der Medizin sowie für Visualisierungen jeglicher Art und CAD Konstruktionen. Der Preis für solch einen Display beträgt um die 45 000 Dollar.⁹⁸

⁹⁷ vgl. Riedl / Schratt 2005, S.4

⁹⁸ vgl. Gelger 2004, S. 61

Abbildung 18: Depth Cube



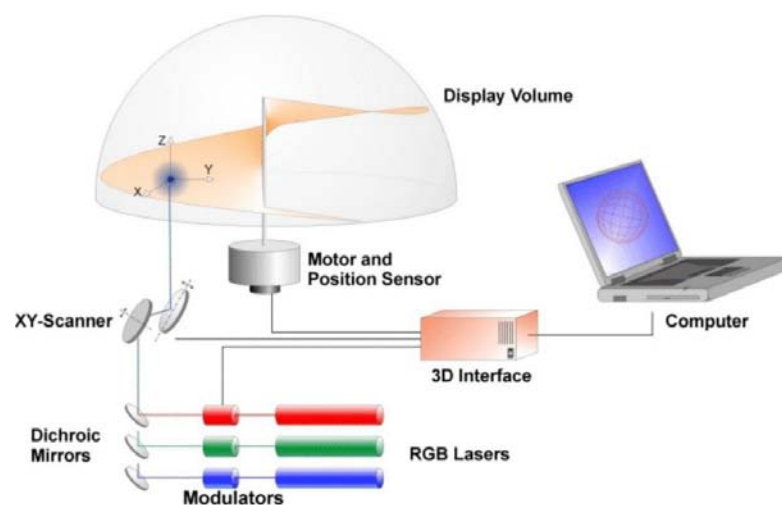
Quelle: LightSpace Technologies 2006, o.S.

- Omni-directional Systems (Ermöglichen eine 360° Visualisierung. Man kann um das dargestellte Objekt herumlaufen und es von allen Seiten betrachten.)
 - o Vector-Scan method

Bei dieser Methode besteht das Display hauptsächlich aus einem Laser-Scanner und einer sich rotierenden Doppel-Helix innerhalb einer transparenten Halbkugel (s. Abbildung 19). Auf dieser Helix werden durch einen Computer gesteuerte Laser-Strahlen im RGB Farbbereich projiziert. Durch das sehr schnelle Rotieren der Helix (1200 Umdrehung in der Minute) wird diese für das menschliche Auge unsichtbar. Ein akustik-optischer Deflektor sorgt dafür, dass die Laserstrahlen an die richtige Position gelangen, wodurch ein 3-dimensionales Objekt entsteht. Die Projektionsfläche liegt derzeit bei einem Durchmesser von 30 cm und erlaubt eine Auflösung von 10 000 – 40 000 Voxel pro Farbe bei

20 Hz. Nachteil dieses Systems ist, dass ein leerer Bereich um die Rotationsachse entsteht. Außerdem ist die Mechanik sehr empfindlich und anfällig.⁹⁹

Abbildung 19: Aufbau eines Doppel-Helix Displays



Quelle: Detlef Bahra / Daniel Bezechnya / Knut Langhans et al., 2002, S.2

Beispiel:

Genutzt wird dieses System von einer Projektgruppe eines deutschen Gymnasiums. Das Stader Vincent-Lübeck-Gymnasium arbeitet seit 1982 an dem so genannten 3-D-Laser Display Felix (s. Abbildung 20) und sorgt seitdem für Schlagzeilen.¹⁰⁰

⁹⁹ vgl. Riedl / Schratt 2005, S.5

¹⁰⁰ vgl. Geiger 2004, S: 62

Abbildung 20: 3-D-Laser Display Felix



Quelle: Geiger 2004, S.60

Die Projektgruppe entwickelt immer weitere Systeme. So ist eine neuere Entwicklung des Solid-Felix-Displays nicht mehr auf bewegliche Teile angewiesen, sondern erzeugt das 3-Dimensionale Objekt mit Hilfe von zwei Infrarot Lasern, die so positioniert sind, dass sich die Strahlen in einem speziellen Kristall treffen und einen Fluoreszenzpunkt im Kristall entsteht, der als Voxel fungiert.¹⁰¹

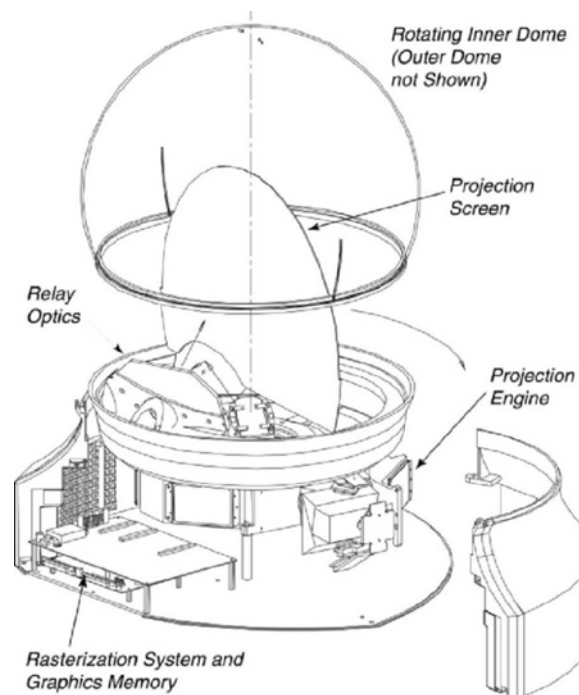
- o Raster-scan method

Grundlegendes Bestandteil dieses Systems ist eine rotierende Scheibe, auf die 198 radial geschichtete sich drehende Bilder mittels high-speed Projektoren projiziert

¹⁰¹ vgl. Geiger 2004, S.62

werden (s. Abbildung 21). Die Scheibe hat einen Durchmesser von 50 cm und jedes Einzelbild eine Auflösung von 768 x 768 pixel- wodurch eine Gesamtauflösung von 100 Mio Voxel bei 30 Hz entsteht. Ein großer Nachteil des Systems ist die komplexe Hardware und die geringe Farbtiefe, die erzielt wird. Es können augenblicklich nur acht verschiedene Farben dargestellt werden. Es wird jedoch an einem System gearbeitet, welches mehrere hundert verschiedene Farben durch ein spezielles Streuungssystem simulieren kann.¹⁰²

Abbildung 21: Aufbau eines Raster-scan Display



Quelle: Favalora , IEEE Computer Society 2005, S.40

¹⁰² vgl. Riedl / Schratt 2005, S.5

Beispiel:

Die Firma Actuality Systems entwickelt auf Basis dieses System seit 2001 holografische Displays. Ihr Produkt nennt sich „Perspecta“ (s. Abbildung 22) und wird hauptsächlich von dem Militär gefördert. Es findet daher auch hauptsächlich seinen Nutzen in diesem Gebiet, wobei aber auch Anwendungen für medizinische Visualisierungen und in der Konstruktion nicht ausgeschlossen werden. Es wird ein klarer Vorteil für bestimmte Anwendungen von holografischen Displays im Gegensatz zu stereoskopischen gesehen. So hat ein spezieller Benutzertest der US-Navy, bei dem die Versuchspersonen eine bestimmter Docking-Aufgabe erledigen und dabei Kollisionen vermeiden mussten, ergeben, dass circa 93 % der Beteiligten mit dem Perspecta Display die Aufgabe erfolgreich absolvierten. Nur 75% waren bei einem stereoskopischen Bildschirm erfolgreich und 72% haben es bei einem normalen Display geschafft. Die Kosten für das Gerät betragen 40.000 €. ¹⁰³

¹⁰³ vgl. Geiger 2004, S.60

Abbildung 22: Perspecta-Display



Quelle: Favalora, IEEE Computer Society 2005, S.40

5.3.3. Weitere holografische Techniken

Neben den holografischen Displays gibt es noch weitere Arten Hologramme darzustellen. Diese Methoden basieren auf Projektionen. Io2technology bietet zum Beispiel ein System an, welches 2-D Bilder frei in den Raum projiziert und diese sogar interaktiv manipulierbar sind. Dies wird dadurch möglich, dass ein Gerät die Luft derart verändert, um Bildinformationen kontrolliert anzuzeigen. Eine ähnliche Technik wird von der Firma Fogscreen verwendet. Hier wird ein sehr feiner Wasserdampfnebel zwischen zwei laminaren nicht turbulenten Luftströmen durch Ultraschall erzeugt. Durch diese Projektionsart lassen sich theoretisch beliebig große Projektionsflächen erzeugen. Auch hier wird mittels eines Tracking Systems eine Interaktivität möglich.¹⁰⁴

¹⁰⁴ vgl. Geiger 2004, S.64

6. Internet

Um einen Trend aufzugreifen, bei dem die Visualisierung von 3D eventuell relativ schnell eine bedeutende Rolle einnehmen könnte oder es in gewisser Maße schon tut, werde ich im Folgenden auf das Internet eingehen.

Das Internet ist ein Medium, welches sich fortlaufend weiter entwickelt und ständig über eine erneuerte Hardware verfügt. So ist heutzutage auch 3D im Internet zu finden.¹⁰⁵

Eines der bekanntesten Beispiele hierfür ist die virtuelle 3D-Welt von „Second Life“. In dieser virtuellen Welt gibt es fast alles was auch in der realen Welt vorhanden ist. Ob nun der Kauf oder Verkauf von Häusern, Autos oder Kleidern, das Lehren an Universitäten oder auch die Möglichkeit zur virtuellen Kommunikation - „Second life“ bietet für jedermann etwas an. Die Benutzerzahlen steigen fortdauernd an und indessen gibt es sogar schon die ersten „Second Life“- Millionäre.¹⁰⁶

So hat sich auch Google Gedanken gemacht und „3D Life“ entwickelt. „3D Life“ ist ein Wortspiel mit dem Hinweis auf das Dreidimensionale sowie das immer beliebter werdende virtuelle Spiel „Second Life“. Die Homepage von „3D Life“ wird „Bibliothek“ genannt. Diese ist ein virtueller Raum, in dem virtuelle Bücher in Bezug auf das Dewey System kategorisiert sind. Dabei präsentiert jedes Buch eine Wissensresource innerhalb von „3D Life“ oder dem regulärem Internet. Wählt man beispielsweise das Buch für Pandia, öffnet Google die Pandia Webseite innerhalb eines virtuellen Gemäldes, welches an der virtuellen Wand der Bibliothek hängt. Um diesen Vorgang noch mehr zu vereinfachen, kann der Avatar – sprich die Person, die „3-D-Life“ nutzt - ein Mikrofon benutzen und den Bibliothekar fragen, nach welchem Buch er sucht. Letztendlich ist die Bibliothek jedoch nur ein kleiner Teil von „3D Life“. Hinter der Tür zur Bibliothek befindet sich eine komplette 3D Welt. Dort befinden sich Gebäude, Geschäfte, Bars, Parks, Museen und vieles mehr. Der Unterschied zu „Second Life“ besteht in der der Tatsache, dass diese eine dreidimensionale Welt ist, die mit dem Internet

¹⁰⁵ vgl. Wienke 2007, o.S.

¹⁰⁶ vgl. Baldauf 2007, o.S.

verbunden ist. „3D Life“ kann also mit dem realen Leben vermischt werden. Ziel ist es, das reale Leben schöner zu machen. Ein Beispiel hierfür wäre das Ersetzen von „lästigen“ Nachbarn in Stars oder das Entfernen der Autogeräusche. Jeder, der also eine Google ID besitzt, kann ein Avatar bzw. ein eigenes Ich in der Welt von „3D Life“ werden.

Des Weiteren hat Google die so genannten „Google Googles“ erfunden. Darunter versteht man eine Brille, mit welcher der Nutzer sowohl telefonieren als auch dreidimensional im Internet surfen kann. Man kann die Brille also quasi wie ein iPhone benutzen, das heißt sich frei bewegen, aber zusätzlich noch eine dreidimensionale Sicht auf das Internet haben.¹⁰⁷

Darüber hinaus sollen in Zukunft virtuelle Welten im Internet entstehen, welche von Unternehmen genutzt werden, um Produkte besser zu vermarkten, indem das Produkt vollständig von allen Seiten und dreidimensional zu sehen ist. In dieser Welt befindet man sich quasi in Zimmern, durch die man von Tür zu Tür weitergehen kann.¹⁰⁸

Der Sprung vom Community Web 2.0 zum 3D Web 3.0 wäre eine enorme Veränderung für das Internet. Man kann es in etwa mit der Veränderung vom Buch zum Fernseher vergleichen. In dieser neuen virtuellen Welt „leben“ Avatare, sprich künstliche Personen, hinter denen echte Menschen stecken. Dazu gibt es nicht mehr wie bisher nur Zusatzgeräte wie die Maus und die Tastatur, sondern Geräte, die die dreidimensionale virtuelle Welt unterstützen. Ein Beispiel hierfür wären Helme, die an der Innenseite Screens und Sensoren für Neigungswinkel oder Beschleunigungen haben.

Letztendlich ist das Ziel also, dass die virtuelle Welt der realen, physischen Welt so ähnelt, dass kaum noch ein Unterschied zu merken ist.¹⁰⁹

Überzeugt von der zukünftigen 3D-Welle im Internet sind auch die Web-Gestalter von Gogofrog.com. Ihrer Meinung nach sind 3D-Grafiken und – Technologien, genauso wie soziale Interaktionen und ökonomische Aktivitäten, nicht mehr aus dem Web weg zu denken. So gibt es sogar

¹⁰⁷ vgl. Koch, 2007, o.S.

¹⁰⁸ vgl. Fiutak 2007, o.S.

¹⁰⁹ vgl. Baldauf 2007, o.S.

schon die Betaversion einer 3D-Website, welche momentan von Testern überprüft wird. Es dauert also nicht mehr lange, bis Surfer als Avatare agieren und gegenseitig auf den jeweiligen 3D-Websites erscheinen können. Dies könnte insbesondere für soziale Communities oder auch Foren von großer Bedeutung sein¹¹⁰

Das 3D sich noch nicht völlig im Internet etabliert hat liegt an den unterschiedlichen Plugins, die momentan auf dem Markt existieren. Das ist für die Benutzer sehr aufwendig, und da noch keine allgemeine Übereinstimmung über das richtige Plugin getroffen wurde, hoffen viele auf eine eventuelle Einigung bei der Veröffentlichung des Quelltextes der Zugangssoftware Nimble 3D Cloud Engine von „Second Life“.¹¹¹ Und auch über weitere Lösungsansätze sind sich die Experten nicht sicher. Die Einen sind der Meinung, dass Adobe Shockwave 3D als allgemeines Plugin benutzt werden sollte, während andere Java3D bevorzugen. Letztere begründen ihr Denken dadurch, dass 87,3% der Internetnutzer dieses Plugin schon benutzen und somit keine zusätzlichen Plugins installiert werden müssen.¹¹²

¹¹⁰ vgl. Müller 2006, o.S.

¹¹¹ vgl. Fiutak 2007, o.S.

¹¹² vgl. Wienke 2007, o.S.

7. Schluss

Gegenstand meiner Untersuchung war es herauszufinden, ob sich die Visualisierung von 3-D eher im Spielsektor befindet oder ob es unser tägliches Leben mitbestimmen wird, wie zum Beispiel heute das Internet oder das Fernsehen. Dabei sollte auch herausgefunden werden, ob 3-dimensionale Welten generell eher nur in Computerspielen existieren und ob 3-D Visualisierungen nur eine Modeerscheinung sind, die bald durch andere Technologien vom Markt vertrieben werden.

Schon kurz nach der Erfindung der Fotografie haben die Menschen versucht, 3-dimensionale Bilder zu erstellen und zu visualisieren. Es wurde mit Hilfe von stereoskopischen Techniken versucht, die durch die Fotografie geschaffenen Abbildungen der Umwelt noch realitätsnaher wirken zu lassen. Durch das Hinzufügen einer dritten Dimension wurde also eine Räumlichkeit geschaffen, die unserem natürlichen Sehen entspricht. Diese Entwicklung hat immer wieder einen Boom erlebt und ist dann aber auch wieder uninteressant geworden. Dieses Desinteresse war die Folge von neuen Erfindungen. Die stereoskopische Fotografie wurde abgelöst von den Bewegtbildern. Nach kurzer Zeit wurde aber auch dort die stereoskopische Technik angewandt, die dann aber auch schnell wieder durch die Erfindung von farbigen Bewegtbildern uninteressant wurde. Virtual Reality wurde durch die Erfindung der CG-Grafiken ermöglicht. Nur waren die Rechner nicht schnell genug, um ein befriedigendes Ergebnis zu liefern. Dieser Boom wurde dann abgelöst durch die Erfindung des Internets.

Wir sind nun an dem Zeitpunkt gekommen an dem all diese Erfindungen als standardgemäß empfunden werden. Es ist also wieder Zeit und Platz für etwas Neues. Dieses Neue ist, wie in der Arbeit erkennbar ist, nun gar nichts Neues mehr. Durch die stetig wachsende Leistungskraft der heutigen Computer wird es endlich möglich, glaubhafte und schöne 3-D Visualisierung in allen Bereichen zu schaffen. Dazu kommt, dass auch die Computerprogramme, mit denen 3-D Grafiken erstellt werden, über immer bessere Algorithmen verfügen und dadurch zum Teil realistischere aber auch interessantere Bilder produziert werden können.

Für diese Entwicklung ist sicherlich auch ein Teil die Spielindustrie verantwortlich. Diese allein ist aber nicht groß genug und hat auch nicht die nötigen finanziellen Mittel um dieses Fortschreiten allein auszulösen und weiter zutreiben. Wie in meiner Arbeit aufgezeigt wird, sind die Hauptinteressenten an der Weiterentwicklung von 3-D Visualisierungen der medizinische und der militärische Bereich, sowie der Produktionsbereich jeglicher Güter, der Telekommunikationsbereich, die Werbebranche und der sehr interessante Bereich des Lernens.

Durch die vielseitige Nutzbarkeit von 3-D Visualisierung und dessen fortschreitende Technik bin ich zum der Einsicht gekommen, dass es weder Spielerei noch eine Modeerscheinung ist. Die Leistung der heutigen Rechner und die der zukünftigen machen es realisierbar, 3-D Visualisierungen nutzen zu können. Dies wird allerdings für den Endverbraucher noch einige Zeit dauern, da die Produktion dieser Geräte noch sehr teuer ist.

Es wäre zum Beispiel irgendwann möglich, dass man auf dem Land leben könnte, dort die Vorteile genießen, aber gleichzeitig mit Hilfe eines Virtual Reality Systems seine Arbeit, die in der Stadt lokalisiert ist, verrichten könnte.

Diese Entwicklung hat jedoch nicht nur ihre positiven Seiten. Aus den von mir gewonnenen Erkenntnissen ist mir klar geworden, dass das Fortschreiten dieser Technologie auch ihre Schattenseiten hat.

Dadurch, dass die virtuelle Welt immer realistischer und greifbarer wird, könnte es teilweise zur sozialen Vereinsamung kommen. So wäre es möglich, dass besonders Computerinteressierte die virtuelle Welt der „realen“ Welt bevorzugen. Da dies jedoch nicht bewiesen ist, kann man hier nur eine Vermutung aufstellen.

Letztendlich ist die Entwicklung der 3-D Visualisierung ein sehr spannendes Thema, dessen Fortschritt man weiterhin beobachten sollte, da es mit Sicherheit in der Zukunft eine wesentliche Rolle in vielen Bereichen spielen wird.

8 Literaturverzeichnis

Bücher:

- Cadoz, C.: Die virtuelle Realität, Domino Dt. Erstveröffentlichung BLT (Hrsg.), München, 1998
- Cambell, A. / Danaher, S. (Hrsg.): Digitales 3D-Design, München, Stiebner Verlag GmbH, 2002
- Flückiger, B.: Visual Effekts – Filmbilder aus dem Computer, Züricher Filmstudien, Brinckmann, C.N. (Hrsg.), Schüren Verlag GmbH, Marburg 2008
- Haenselmann, T. (Hrsg.): Raytracing : Grundlagen, Implementierung, Praxis, Addison-Wesley GmbH, Bonn, 1996
- Hansen, J. / Schlesinger, B. / Unterseher, F. (Hrsg.): Handbuch der Holographie – Wie mache ich Hologramme selber?, Popa Verlag, München / Frankfurt, 1991
- Heiß, P. (Hrsg.): Die neue Holographie-Fibel – Optische und Computer-Hologramme verstehen und selber machen, Mit der Einführung in die Generierung von Hologrammen mit dem Computer und einem Programm zur Erzeugung synthetischer Hologramme, 4. Auflage, Wittig Fachbuchverlag, Hückelhoven, 1986, 1995

- Judkins, P. / Sherman, B. (Hrsg.): Virtual Reality: Cyberspace – Computer kreieren synthetische Welten, Droemer Knaur, München, 1995

- Kemner G. et al.: Stereoskopie, Museum für Verkehr und Technik Berlin (Hrsg.), Berlin, 1989

- Kemner, G. / Waack, F.: Einführung in Technik und Handhabung der 3-D-Fotografie, Stereoskopie, Museum für Verkehr und Technik Berlin (Hrsg.), Berlin, 1989

- Detlef Bahra / Daniel Bezecnya / Knut Langhans / Dennis Homanna,

Klaas Oltmann / Krischan Oltmann / Christian Guilla / Elisabeth Rieper / Götz Ardey: Technical University of Braunschweig (Hrsg.): FELIX 3D Display: An Interactive Tool for Volumetric Imaging, 2002

- Riedl, A. / Schratt A.: The Potential of Three-Dimensional Display Technologies for the Visualization of Geo-Virtual Environments. In: Proceedings, 22. ICA Cartographic Conference, 2005. A Coruna, 2005

Hochschulschriften:

- Projekt: Das Skelett, das hellsehen kann, Exoskelett-Hand.jpg, TU Berlin Institut für Technische Informatik und Mikroelektronik (Hrsg.), Lange Nacht der Wissenschaften 2006 an der TU Berlin, 13.05.2006, http://www2.tu-berlin.de/presse/lange_nacht/2006/journalisten_fotos/Exoskelett-Hand.jpg, heruntergeladen am: 12.08.2009
- Hoppe, A., 3D-Computergraphik und –animation Teil I: Einführung, Motivation, Begleitendes Material zur Vorlesung, 13.05.2004

Zeitschriften:

- Bruhnke, J.: CES: Hersteller setzen auf 3D-Technik, 08.01.2009, Digital Production (Hrsg.), http://www.digitalproduction.com/dp/news_detail.asp?ID=9567, heruntergeladen am: 10.08.2009
- Favalora, Gregg E.: Volumetric 3D Displays and Application Infrastructure, IEEE Computer Society 2005
- Geiger Prof. Dr., C.: Voxelschicht und Wasserdampf, Heise Zeitschriften Verlag GmbH & Co. KG., iX 9, Hannover, 2004
- Gross, S.: 3D-Kino: Die neuen Geräte fürs Wohnzimmer, 18.04.2008, „Die Presse“ Digital GmbH & Co KG (Hrsg.),

<http://diepresse.com/home/techscience/hightech/377753/index.do>, heruntergeladen am: 08.08.2009

- Jkj: DreamWorks-Bosserwartet Durchbruch bei 3D-Filmen, heise online (Hrsg.), 22.11.2008, <http://www.heise.de/newsticker/DreamWorks-Boss-erwartet-Durchbruch-bei-3D-Filmen-/meldung/119291>, heruntergeladen am: 12.08.2009
- Sha: Realistischer Spielespass mit 3D-Technologie, 21.08.2007, Digital Production (Hrsg.), http://www.digitalproduction.com/dp/news_detail.asp?ID=4639, heruntergeladen am: 10.08.2009

Internetquellen:

- Baldauf, T. (Hrsg.), Web 3.0 = Web 3D?, 29.01.2007, http://www.css-petals.net/post/web_3_0_web_3d_.html1, heruntergeladen am: 16.08.2009
- Dowsing, S.: Der Holovizio 128WLD, 2008, <http://www.souvr.com/Shop/UploadPhotos0906/200808/2008081214443140.jpg>, heruntergeladen am: 06.02.2009

- Fiutak, M.: 3D-Internet ist der nächste Umbruch, CBS Interactive GmbH (Hrsg.), 12.03.2007, http://www.zdnet.de/news/wirtschaft_telekommunikation_3d_internet_ist_der_naechste_umbruch_story-39001023-39152560-1.htm, heruntergeladen am: 15.08.2009

- Flickr: 2009, http://farm4.static.flickr.com/3559/3418490313_240be6373c.jpg, heruntergeladen am: 16.08.2009

- Howe,D.: Computing Dictionary, The Free Online Dictionary of Computing (Hrsg.), 1995, <http://dictionary.reference.com/browse/voxel>, heruntergeladen am: 03.08.2009

- Koch, P. und S. (Hrsg.): Google to launch 3D interactive Internet visor, 2007, <http://www.pandia.com/sew/406-google.html>, heruntergeladen am: 03.08.2009

- Kohler, M.(Hrsg.): Historische Entwicklung der Stereoskopie: Geschichte der Stereoskopie, Friedrichshafen, 2004, http://www.3d-historisch.de/Geschichte_Stereoskopie/Geschichte_Stereoskopie.htm, heruntergeladen am: 08.08.2009

- LightSpace Technologies: Depth Cube 2006,
<http://www.lightspacetechnologies.com/index.html>,
 heruntergeladen am: 09.08.2009

- Müller, R.: Web 3.0: Gogofrogwerkelt am 3D-Internet, 10.10.2006,
 NetMediaEurope Deutschland GmbH (Hrsg.),

http://www.theinquirer.de/2006/10/10/web_30_gogofrog_werkelt_am_3di.html,
 heruntergeladen am: 07.08.2009

- Muthélet, A. / Kuntz, S. (Hrsg.): Projectors based: The cave, 2008,
 A VR Greek Blog, <http://cb.nowan.net/blog/state-of-vr/state-of-vr-displays/>,

 heruntergeladen am: 14.08.2009

- Technology Principles: Holografika Kft. (Hrsg.): 2009,
http://holografika.com/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=63,
 heruntergeladen am: 02.08.2009

- Sullivan, A., IEEE Spectrum: Multi-level Display 2005,
<http://www.spectrum.ieee.org/computing/hardware/3-deep/4>,
 heruntergeladen am: 04.08.2009

- Wienke, L.: Web 3D – neue interaktive 3D Technologien für das Internet, epromod, Biena Consulting, Patrick Biena (Hrsg.)
http://www.artikelweb.de/db/artikel_web_3d_-_neue_interaktive_3d_technologien_fuer_das_internet.html,
 heruntergeladen am: 02.08.2009

9. Erklärung zur selbstständigen Anfertigung.

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Teile, die wörtlich oder sinngemäß einer Veröffentlichung entstammen, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde noch nicht veröffentlicht oder einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Berlin, den 27.08.2009

Marco Gorzel